

М ОЛОДЕЖИ О ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ

А. Н. РОМАНОВ, Г. А. ФРОЛОВ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БОЕМ

А. Н. РОМАНОВ, Г. А. ФРОЛОВ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БОЕМ

МОСКВА — ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА»
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР — 1976

6Ф0.1
Р69

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Романов А. Н. и **Фролов Г. А.**

Р69 Автоматизированные системы управления боем. М., ДОСААФ, 1976.

II с. с ил. (Молодежи — о Вооруженных Силах).

В книге в популярной форме 'рассквзывается о принципах построения и составных элементах автоматизированных систем управления, о возможностях их применения в армии, авиации и на флоте в боевой обстановке и в мирные дни. Читатель получит представление, как с помощью этих систем можно управлять самолетами, ракетами, кораблями, а также войсками на поле боя.

Книга, написанная по материалам советской и зарубежной печати, рассчитана на широкий круг читателей, на молодежь, готовящуюся к службе в Советской Армии и Военно-Морском Флоте.

6Ф0.1

Р $\frac{11204\text{-}017}{072(02)\text{-}76}$ 54-76

НЕМНОГО ИСТОРИИ

С появлением ракетно-ядерного оружия, сверхзвуковых самолетов, быстроходных кораблей с новым вооружением, атомных подводных лодок значительно усложнились процессы управления войсками и флотскими соединениями, особенно в боевой обстановке. Вот почему в современных армиях все больше внедряются различные автоматизированные системы управления, основанные на последних достижениях науки и техники.

Современный бой — общевойсковой, так как успех достигается совместными усилиями всех родов войск. Необходимым условием достижения успеха в бою является постоянное взаимодействие частей и соединений, которое невозможно без четкого управления. Процесс управления войсками в бою составляет один из основных элементов деятельности командиров и штабов всех степеней.

Великий русский полководец А. В. Суворов говорил, что побеждать противника надо не числом, а умением. История дает немало примеров, когда даже превосходящие силы терпели поражение, а численно меньшие побеждали вследствие более правильного и четкого руководства. Умелое управление войсками обеспечивает превращение в действительность тех боевых возможностей, которые заложены в войсках и оружии.

Процессы и явления вооруженной борьбы, существенные связи в них обобщает военная наука. Она развивалась по мере развития материальных условий жизни общества, совершенствования технических средств борьбы и накопления боевого опыта. В. И. Ленин утверждал: «...Без науки современную армию построить нельзя...»*.

* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 40, с. 183.

Подобно тому, как военная наука и военное искусство дают рекомендации о способах ведения боевых действий, принципы управления представляют собой общие руководящие идеи, правила управления войсками. Из них можно выделить такие, например, принципы, как централизация всей власти в руках командира, постоянное знание им обстановки и умение предвидеть ее, твердость и гибкость управления, скрытность, высокая оперативность и др.

В войнах эпохи рабовладельческого строя действия военачальника сводились к личной передаче команд и распоряжений подчиненным войскам, которые могли принимать их непосредственно. Например, римский легион периода IV—II вв. до н. э. располагался по фронту на 600—800 м, а в глубину — на 100 м. В этих условиях военачальник мог видеть почти всех подчиненных. Чтобы и самому оставаться все время на виду, он имел возле себя какой-то знак (вымпел, знамя, знак на шесте), возвышающийся на общем фоне, яркий, заметный всем. Если в процессе боя необходимо было передать распоряжение какому-либо подразделению, командир направлял туда пешего или конного гонца. Позже была разработана система визуальных и звуковых сигналов, известных каждому воину.

Войны эпохи феодализма отличались использованием массовых армий, кавалерийских частей, а также бо́льшим пространственным размахом. Появилось огнестрельное оружие. В этих условиях командующий армией обычно заранее составлял план сражения (диспозицию) и ставил задачи командирам до боя, согласовывая их действия по времени и месту. Последние, в свою очередь, ставили задачи подчиненным и т. д. Военные теоретики того времени придавали громадное значение таланту полководца, умению им составить такую диспозицию и занять такое исходное положение для сражения, которое обеспечивало его армии неоспоримые преимущества над противником. Но по существу войска в бою управлялись так же, как и в эпоху рабовладельческого строя.

С развитием капитализма существенно изменились экономические условия. Ф. Энгельс писал: «Ничто так не зависит от экономических условий, как именно армия и флот. Вооружение, состав, организация, тактика и

стратегия зависят, прежде всего, от достигнутой в данный момент ступени производства. Не «свободное творчество ума» гениальных полководцев действовало здесь революционизирующим образом, а изобретение лучшего оружия...»*.

С появлением массовых армий эпохи капитализма высшее командование могло руководить военными действиями, только опираясь на развитую систему органов управления. Поэтому в конце XVIII — начале XIX в. возросли задачи и состав армейских штабов. Во многих странах появились генеральные штабы, основные функции которых заключались в разработке стратегических планов, организации разведки, планировании и обеспечении мероприятий по мобилизационному и стратегическому развертыванию вооруженных сил, подготовке стратегических резервов.

Применение нарезного оружия и новых форм боевого порядка (цепь) значительно повысило требования к организации управления. Взгляды на управление боем регулярных армий нашли свое отражение в уставах и наставлениях, подготовленных крупными военачальниками и военными теоретиками. Однако коренного переворота в методах и способах управления в тот период не произошло, и только на рубеже XIX—XX вв. с развитием высшей стадии капитализма — империализма — управление войсками в бою претерпело значительные изменения.

Экономической базой перехода капитализма в стадию империализма послужил бурный рост производительных сил: освоение новых источников энергии—электричества и двигателей внутреннего сгорания, создание мощных заводов и промышленных комплексов, новых отраслей промышленности — электротехнической, моторостроительной, автомобильной, химической и др.; стремительное развитие механического транспорта; механизация основных процессов производства.

Войны эпохи империализма велись с массовым применением разнообразной боевой техники. На вооружение армий стали поступать во все возрастающем количестве пулеметы, минометы, мощные орудия, бронеавтомобили, боевые самолеты, подводные лодки. Характеризуя

---

* К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 171.

войны этой эпохи, В. И. Ленин писал: «...Первый раз в истории самые могучие завоевания техники применяются в таком масштабе, так разрушительно и с такой энергией к массовому истреблению миллионов человеческих жизней»*.

Боевые действия стали вестись на тысячекилометровых фронтах и на большую глубину. В войсках начали использовать новые средства связи — телеграф и телефон, а затем и радио. Развернутые на десятки и сотни километров войска одной и даже нескольких армий теперь действовали по единому замыслу, под общим руководством, стремясь решить общую стратегическую задачу. В это время складывались основы централизованного управления соединениями и даже армиями, что стало возможным только с применением телефона и телеграфа.

Первая мировая война 1914—1918 гг. явилась одним из многочисленных преступлений империализма против человечества. В пучину войны было ввергнуто громадное количество людей и техники. Буржуазная военная мысль не сумела своевременно обобщить опыт первых войн эпохи империализма. Все страны при подготовке к войне разрабатывали стратегические планы без достаточного учета новых социально-экономических условий. Координаций действий союзников практически не существовало. Однако в вопросах управления войсками в бою произошли некоторые изменения.

На вооружение поступили в небольшом количестве бронеавтомобили, которые предназначались главным образом для ведения разведки. Армии ряда стран имели некоторое количество самолетов, которые рассматривались в основном как средство разведки и связи. Войска усиленно оснащались новыми техническими средствами связи (телефон, телеграф, радио) и командование получило возможность обеспечивать управление войсками в тактическом, оперативном и стратегическом масштабах.

Во время гражданской войны вопросам управления войсками советские военачальники придавали большое значение. Талантливые полководцы М. В. Фрунзе, В. К. Блюхер, К. Е. Ворошилов, С. М. Буденный, В. И. Чапаев, Н. А. Щорс и многие другие умело коман-

* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 36, с. 396.

довали войсками молодой Красной Армии, в необходимый момент направляли их на самые опасные участки. В результате Красная Армия победила многочисленных врагов Советской власти.

В период 1918—1920 гг. в Советской республике было открыто свыше 150 военно-учебных заведений, в том числе пять академий, в которых ковались новые военные кадры социалистического типа. Основную роль в этот период в управлении войсками в бою играли проводные средства связи. Радиостанций было еще недостаточно. В отличие от позиционного характера первой мировой войны боевые действия гражданской войны имели ярко выраженный маневренный характер. Стратегические операции Красной Армии отличались огромным пространственным размахом. Фронт обычно развертывался на театре военных действий в полосе 700—1800 км. Наступление фронты вели в широких полосах с темпом 6—10 км/сутки.

По советской военной доктрине, существовавшей до Великой Отечественной войны, управление войсками командующие осуществляли через штаб и с командных пунктов, которые располагались на направлении главного удара. Управление боем командиры стрелковых дивизий проводили с командных пунктов, удаленных в наступлении на 1,5—2 км, в обороне — на 3—5 км от переднего края своих войск.

В целом советское военное искусство находилось в предвоенные годы на высоком уровне. Советская военная стратегия верно оценивала характер вооруженной борьбы и основные способы достижения победы над сильным, технически оснащенным противником. Советский народ под руководством Коммунистической партии создал мощную военно-экономическую базу, сыгравшую важную роль в укреплении обороны страны. Однако в ходе операций начального периода Великой Отечественной войны выявился ряд недостатков в управлении войсками. По мере накопления боевого опыта эти недостатки были ликвидированы. Усилилось внимание радиосвязи. Уже в сражениях за Смоленск, а особенно за Москву, управление войсками было более четким и непрерывным.

В оборонительных операциях возрастала роль артиллерии. Существенно улучшилось и управление ею. Не-

прерывность управления обеспечивалась организацией устойчивой связи, а также созданием вспомогательных наблюдательных пунктов управления. Большое значение имело обеспечение командующих армиями и фронтами личными радиостанциями, а также установление радиосвязи старшим начальником на одну ступень ниже. В первом периоде войны существенно улучшилась система управления тыловыми органами.

Мероприятия по совершенствованию управления дали положительные результаты в последующих сражениях Великой Отечественной войны. Взять, например, разгром гитлеровцев под Сталинградом. История войн еще не знала примера, когда такая многочисленная группировка противника, оснащенная новейшей техникой, была бы окружена и полностью ликвидирована. Во время Сталинградской операции дальнейшее развитие получили вопросы управления и взаимодействия. Управление частями и подразделениями, как правило, осуществлялось с командно-наблюдательных пунктов. Более широко, чем в предшествующих операциях, применялось радио, особенно в бронетанковых войсках. Отличительной чертой в организации управления войсками в битве под Курском в 1943 г. являлось значительное приближение пунктов управления к боевым порядкам подразделений, частей и соединений. Командные пункты родов войск, в том числе и авиации, оборудовались вблизи КП общевойсковых начальников. Еще шире, чем раньше, применялось радио.

Надежное управление войсками в ходе преследования противника и при форсировании рек в наступательных операциях 1943 г. достигалось приближением пунктов управления всех инстанций к боевым порядкам войск и широким применением радиосвязи. Однако в наступлении на ряде участков имело место отставание тылов, что создавало некоторые трудности в снабжении войск. Управление войсками в оперативном звене стало более четким и гибким. Это достигалось его высокой централизацией. Больше уделяли внимания вопросам скрытного управления войсками. Значительно улучшилось взаимодействие. На одном командном пункте начали совместно действовать командиры взаимодействующих частей и соединений различных родов войск.

В ходе Белорусской наступательной операции 1944 г.

лесисто-болотистая местность обусловила некоторые особенности организации и ведения разведки. Трудность наблюдения за противником потребовала большого количества наблюдательных пунктов и повысила роль радиоразведки, с помощью которой было установлено местонахождение почти всех штабов армейских корпусов и дивизий гитлеровцев.

Во время наступательных операций особое значение приобретало максимальное приближение пунктов управления к войскам, быстрое доведение задач до войск, личное общение командиров взаимодействующих частей и соединений, выделение представителей вышестоящего командования в подчиненные штабы. Управление осуществлялось путем отдачи коротких приказов и боевых распоряжений с активным использованием радиосредств, а также посылки офицеров связи. Связь организовывалась как с основных, так и с запасных командных пунктов. Широко применялись ночные поиски, засады, наблюдение, подслушивание, разведка боем. Так, в 69-й армии во время Висло-Одерской операции на фронте 15 км было развернуто 750 общевойсковых и до 520 артиллерийских наблюдательных пунктов. Для разведки широко применялась авиация.

Вершиной советского военного искусства была подготовка и проведение Берлинской операции, в которой участвовала группа фронтов. Окруженная стратегическая группировка противника была рассечена на отдельные части, которые затем уничтожались. В ходе операции советские войска разгромили 93 дивизии противника, взяли в плен около полумиллиона солдат, захватили свыше полутора тысяч танков, 8600 орудий, более 4500 самолетов. Успех операции обусловлен, в частности, строгой централизацией управления войсками, четким их взаимодействием. Органы управления были максимально приближены к войскам. Благодаря хорошей работе войск связи управление не нарушалось. Основным средством связи здесь было радио. На завершающем этапе войны новым в организации управления авиацией явилось создание системы радиолокационных узлов наведения. Это позволило истребителям более оперативно вылетать на перехват воздушных целей по данным радиолокаторов.

После победоносного завершения Великой Отечественной войны благодаря заботам Коммунистической партии и Советского правительства происходит дальнейшее укрепление Вооруженных Сил, способных дать отпор любому агрессору. Совершенствуется вооружение, приемы его боевого использования и управление действиями войск.

Современному бою присущи огромный пространственный размах, небывалая прежде мощь огневых ударов, усложнившееся взаимодействие родов войск, быстрые изменения соотношения сил. Все это привело к резкому увеличению количества информации, которая необходима командиру любого ранга для принятия правильного решения. Возросшая сложность боевых действий, появление на вооружении в армиях ряда стран ракетно-ядерного оружия предъявили чрезвычайно высокие требования к оперативности и эффективности управления, к точности принимаемых решений.

Выбор наилучшего решения обычно осуществляется на основе сравнения его различных вариантов. И здесь на помощь командиру и его подчиненным может прийти автоматизированная система управления (АСУ), основу которой составляет электронная вычислительная машина (ЭВМ). АСУ является не просто «хранилищем» собираемой информации о своих силах и противника, не просто «электронным арифмометром», способным выполнять математические операции с огромной скоростью. Она призвана выступать в роли важного элемента управления войсками в сложных условиях современного боя. Если в этих системах не было большой нужды в предыдущих войнах, то они становятся естественными и крайне необходимыми в эпоху управляемого ракетного оружия, сверхзвуковых самолетов и атомных подводных лодок.

История военного искусства учит, что во всякой войне действуют не только материальные, но и духовные силы. Войны ведутся людьми. Их отношение к войне, их мысли и чувства в большой степени определяют эффективность использования техники, а следовательно, и возможность достижения победы. Ныне создана настолько мощная военная техника, что некоторые буржуазные деятели считают: человек слаб и беспомощен перед ней. В этой связи они говорят, что исход будущей войны

якобы решат машины-роботы, а человеку отводят лишь роль «нажимателя кнопок».

Правильно ответить на вопрос о роли человека, его духовных сил в современной войне можно только на основе понимания объективных закономерностей, определяющих развитие социальной жизни, на основе марксистско-ленинской идеологии. Подобно тому как в процессе производства материальных благ люди остаются главной производительной силой, какие бы мощные машины они ни использовали, так и в современном военном деле — любые технические устройства, какими бы «не зависимыми» от человека они ни казались, лишь многократно усиливают его мощь, а значит, его возможности в достижении целей боевых действий и войны в целом. Человек всегда был и есть и будет решающей силой войны. Идейно закаленные, имеющие высокую морально-психологическую стойкость, мастерски владеющие вверенной техникой советские воины способны выполнить любую боевую задачу. Классики марксизма-ленинизма всегда придавали большое значение морально-политическому потенциалу народа в войне. «Во всякой войне, — говорил В. И. Ленин, — победа в конечном счете обусловливается состоянием духа тех масс, которые на поле брани проливают свою кровь»*.

СТРУКТУРА ВОЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Военная кибернетика — наука о законах управления боем. Обеспечить высокое качество управления — это значит каждый раз в данных конкретных условиях принимать и проводить в жизнь те решения, которые наиболее точно соответствуют сложившейся обстановке и поставленной цели. Управлять оперативно, значит, затрачивать на процессы управления возможно меньше времени с тем, чтобы как можно больше времени предоставить войскам для выполнения поставленной им задачи. В ряде случаев даже самые лучшие, но запоздалые решения становятся бесполезными, а порой даже вредными.

В современных условиях роль управления войсками

* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 41, с. 121.

настолько возросла, что оно все более приобретает значение важнейшей отрасли военного дела, развивающейся на научной основе. Наукой, которая призвана изучать наиболее общие законы управления в системах любой природы и сложности, является кибернетика, имеющая свою специальную ветвь — военную кибернетику. Появление последней обусловлено рядом особенностей военного дела.

Известно, что боевые действия протекают зачастую в условиях неопределенности. Каждой из воюющих сторон никогда в точности не известны ни положение, ни состояние противника, ни его намерения. Поэтому информацию о нем приходится добывать с трудом, получая из разных источников отрывочные, а то и противоречивые сведения, на основании которых путем напряженного анализа нужно воссоздать целостную картину, более или менее правдоподобную. Далее, в процессе обработки полученной информации производят разнообразные математические расчеты, которые необходимы для правильной оценки обстановки и принятия решения. Исходя из того, что ряд событий и факторов, составляющих боевые действия, носит случайный характер, при расчетах применяются математические методы, которые обычно оперируют со случайными явлениями и процессами (теория вероятностей, теория игр, теория ошибок и др.). Результаты, полученные при расчетах указанными методами, естественно, носят вероятностный характер, и использование их в процессе управления представляет определенный риск.

Резкое сокращение времени, которым располагают органы управления для сбора, обработки, отображения, передачи и документирования информации и для производства расчетов, является еще одной особенностью управления войсками в современных условиях. Фактор времени всегда играл важную роль в войне. Теперь же, в связи с созданием высокомобильных боевых средств (сверхзвуковые бомбардировщики, баллистические и управляемые ракеты различных классов), время стало играть зачастую решающую роль в развитии и исходе боя, операции. Быстротечность тех процессов, которыми призваны управлять военные органы, обусловила исключительно острый характер борьбы с обеих сторон за выигрыш времени. Побеждает тот, кто за более короткий

срок сумеет собрать и обработать необходимую информацию, принять наилучшее решение, поставить задачу войскам, организовать их действия и нанести решающий удар по противнику. Ясно, что для обеспечения успеха управление войсками должно быть непрерывным, скрытным, надежным. Кроме того, оно не должно вступать в противоречие с возможностями, человека.

ЭВМ приходит на помощь. Итак, в ряде случаев «узким» местом в системах управления являются психофизиологические возможности самого человека. Это противоречие не может быть разрешено путем простого увеличения штатной численности обслуживающего персонала. Выходом из создавшегося положения является применение быстродействующих электронно-вычислительных машин (ЭВМ) именно там, где человек становится «узким» звеном в системе управления.

Принципиально механизация и автоматизация процессов управления войсками может осуществляться путем использования высокопроизводительных технических средств на отдельных, наиболее трудоемких участках или путем создания комплексных автоматизированных систем управления.

Контур и система управления ...В заоблачных далях с большой скоростью летит самолет. Летчик видит перед собой приборы и по ним определяет курс, скорость и высоту полета. На основании этих данных и в соответствии с поставленной задачей он принимает в определенные моменты решение изменить какой-либо из параметров, воздействуя на штурвалы или кнопки.

Анализируя процесс управления, можно выделить в нем три основных элемента: информацию о задаче управления (в нашем примере информацию о требуемых направлении, скорости и высоте полета самолета) и о результатах управления (летчик видит, наблюдая за приборами, куда, на какой высоте и с какой скоростью летит пилотируемый им самолет); анализ полученной пилотом информации и на этой основе принятие решения о необходимых действиях; исполнение принятого решения. Эти элементы составляют основу всякого управления. Таким образом, для организации процесса управления необходимо иметь источники информации, устройства для анализа получаемой информации и для выработки решения и, наконец, исполнительные устройства. Реша-

ющую роль играет здесь информация о результатах управления. Получается замкнутый контур: причина, вызывающая изменение состояния объекта управления, ставится в зависимость от того, какой результат она вызывает. Такая связь причины и следствия называется обратной связью. Этот принцип лежит в основе подавляющего большинства процессов управления.

Для того чтобы информацию могли своевременно использовать, она должна быть преобразована в сигналы (звуковые, световые, радио-, электрические и т. п.). Сигнальная форма информации является отличительной чертой процессов управления. Совокупность всех устройств, обеспечивающих управление каким-либо объектом, называется системой управления. Если функции всех элементов системы выполняются техническими устройствами без непосредственного участия человека, то система называется автоматической (например, автопилот, авторулевой и т. п.). В ряде случаев сложный процесс управления выполняет человек или группа людей с помощью различных автоматических устройств. Это — автоматизированная система. Примером последней может служить современная система управления боевыми действиями войск, содержащая комплекс автоматических устройств, вычислительных машин вместе с обслуживающим личным составом, осуществляющих сбор, обработку информации и вырабатывающих исходные данные для принятия командиром решения.

Управление войсками в бою, как известно, заключается в своевременном и твердом проведении мероприятий, обеспечивающих всестороннюю подготовку, тщательную организацию и успешное выполнение боевых задач всеми подчиненными войсками. Оно включает в себя: сбор сведений об обстановке; оценку обстановки и выводы в свете поставленной задачи; производство расчетов; принятие решений; доведение этих решений до исполнителей; контроль за действиями исполнителей и корректировка решений в связи с изменением обстановки. Следовательно, все основные процессы управления войсками связаны со сбором, обработкой и передачей информации.

Принято сведения о состоянии объекта управления называть информацией состояния, а решения, передаваемые с управляющего органа на объект управления, —

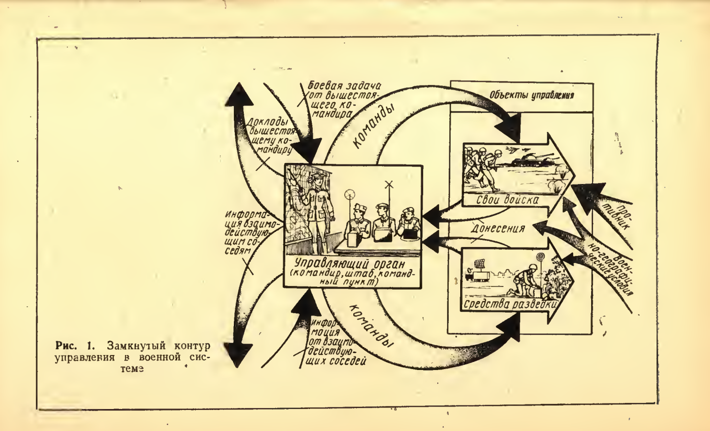


Рис. 1. Замкнутый контур управления в военной системе

командной информацией. На рис. 1 приведен замкнутый контур управления в военной системе. Управляющим органом здесь является командир и его штаб, объектом управления — подчиненные войска, действующие против врага в определенной военно-географической среде. Работу контура можно описать приблизительно так. Разведка добывает данные о противнике, местности и метеорологических условиях, в которых действуют огневые средства, и передает донесения на командный пункт. Управляющие огневыми средствами доносят на командный пункт о боевом состоянии оружия и действия против врага. Кроме того, на командный пункт поступает информация от взаимодействующих соседних подразделений и частей. Командир обобщает полученную информацию и в свете задачи, поставленной вышестоящим штабом, принимает решения и доводит их до подчиненных частей или подразделений. Последние, в свою очередь, докладывают командиру о выполнении команд и т. д. Разрыв любой из связей нарушает процесс управления. Отсутствие связи, например между командным пунктом и огневыми средствами, делает их неуправляемыми, что естественно может привести к срыву выполнения поставленной задачи.

Что можно доверить автомату? В системе управления нужно автоматизировать в первую очередь те звенья, в которых человек, как элемент системы, является тормозящим звеном. Естественно, что те звенья системы, в которых человек работает лучше и надежнее приборов, автоматизировать пока не следует. В качестве примера рассмотрим структурную схему управления боевыми действиями войск противовоздушной обороны (рис. 2). Из нее видно, какие звенья системы надо и какие не надо автоматизировать с тем, чтобы она функционировала достаточно надежно и обеспечивала минимально возможное время управления при достаточно высокой достоверности данных. Основным средством получения информации здесь являются радиолокационные станции (РЛС), выдающие координаты местоположения воздушного противника, которые можно увидеть на индикаторном устройстве.

На рисунке изображен индикатор кругового обзора, выполненный на основе электронно-лучевой трубки с длительным послесвечением экрана. Радиальная линия—

это луч антенны; линия вращается синхронно с антенной РЛС. Жирные «запятые» на экране — это отметки целей, а «клякса» в центре экрана — местные предметы, расположенные вокруг локатора. По расстоянию отметок целей от центра экрана оператор судит о дальности до целей, а по направлению от центра — об азимуте целей.

Следует отметить, что размеры таких экранов сравнительно небольшие (не больше телевизионного). Если учесть, что дальность действия радиолокатора несколько сотен километров, то точность определения координат оператором таким способом сравнительно невысока. Для повышения точности выдаваемой информаци о целях и для повышения ее достоверности съем этой информации необходимо автоматизировать, что и призвано выполнять

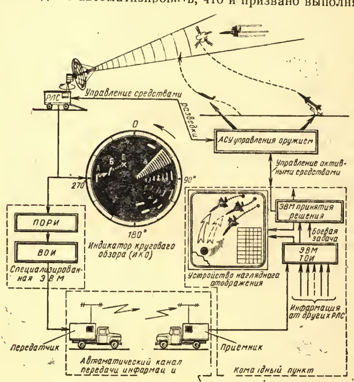


Рис. 2. Схема управления боевыми действиями войск ПВО

автоматическое устройство первичной обработки радиолокационной информации (ПОРИ). Наличие ПОРИ позволяет исключить из РЛС не только довольно дорогостоящее индикаторное устройство, но также и самого оператора. Читатель убедится вскоре, что устройство ПОРИ работает в определенных условиях гораздо надежнее и быстрее, чем человек. Оно производит обработку информации о целях за один оборот антенны радиолокатора или, как принято говорить, за один период обзора. В результате на выходе устройства появляются координаты местонахождения целей, закодированные двоичным кодом, с которым и оперируют электронно-вычислительные машины. Таким образом, полностью автоматизируются те цепи управления, в которые входит радиолокатор.

Но, знать координаты цели в какой-то момент времени еще недостаточно для того, чтобы успешно поразить ее ракетой или навести на нее истребитель-перехватчик. Для поражения цели необходмо знать также параметры ее движения — курс и скорость полета. Иными словами, следует построить траекторию ее движения. Кроме того, очевидно, надо знать, хотя бы ориентировочно, где будет находиться цель через определенное время, например, к моменту встречи ее с ракетой или в момент выхода истребителя к рубежу атаки. Если система не автоматизирована, то эту задачу должен решать оператор радиолокатора с помощью индикатора кругового обзора (ИКО). Так, если цель в первом обзоре находилась в точке *А* (рис. 2), а во втором — переместилась в точку *Б*, то, измерив длину линии *А—Б* в заданном масштабе и зная время одного оборота антенны, легко вычислить скорость полета цели, а направление вектора скорости определит курс полета цели. Прогнозировать, где будет находиться цель в третьем обзоре, можно, отложив отрезок *А—Б* на индикаторе в направлении вектора скорости (точка *В*.)

Конечно, траектория движения цели при таком методе определяется очень приблизительно и не может в полной мере удовлетворить командира, принимающего решение на уничтожение цели. Гораздо точнее и быстрее эту задачу решает автоматическое цифровое вычислительное устройство. Оно производит анализ поступающих в него из устройства первичной обработки текущих

координат целей за несколько обзоров и строит траектории их движения. Эти функции выполняет устройство вторичной обработки информации (ВОИ). Устройства ПОРИ и ВОИ могут быть выполнены на базе специализированных ЭВМ, которые располагаются совместно с РЛС. Полученные данные о целях передаются на командный пункт, где находится командир, управляющий боем.

Если система не автоматизирована, то все данные о цели передает оператор РЛС по обычным каналам связи (телефон, телеграф, радио). При этом передача одного донесения об одной цели занимает несколько секунд, а если целей в зоне действия радиолокатора много, то такая медленная передача вызывает значительное «старение» данных. Совершенно иначе будет обстоять дело в автоматизированной системе. Информация о цели на выходе устройства ВОИ закодирована двоично-импульсным кодом. Закодированная таким образом информация будет автоматически «сжата». Если обычное донесение о цели по телефону голосом передается несколько секунд, то донесение в виде «сжатого» двоичного кода требует для своей передачи в сотни тысяч раз меньшего времени — десятки микросекунд. При этом передача информации и ее прием на командном пункте осуществляются автоматически, без вмешательства человека.

На командном пункте собирается информация от всех РЛС, ведущих разведку воздушного пространства. При этом зоны действия соседних радиолокаторов могут перекрываться. Задача состоит в том, чтобы проанализировать всю полученную информацию, обобщить ее, отсеять ложную и сомнительную информацию и оставить только ту, которая необходима командиру для принятия решения. Если система не автоматизирована, то эти задачи должна решать группа высококвалифицированных операторов, однако достоверность данных, выходящих из их рук, зависит от их квалифкации и иногда оставляет желать лучшего; времени на анализ и обобщение информации тратится в этом случае сравнительно много и, как результат, командир получает данные с определенной степенью точности и достоверности что, естественно, затрудняет процесс принятия решения. Автоматизация этого процесса, который принято называть третичной обработкой информации (ТОИ), позволяет избавиться от

штата операторов, резко повысить точность и достоверность данных, сократить время, затрачиваемое на обработку информации, буквально в тысячи раз. В АСУ функции третичной обработки может выполнять специализированная ЭВМ, расположенная непосредственно на командном пункте.

Следующей задачей, подлежащей решению на командном пункте, является наглядное отображение воздушной обстановки. Если система не автоматизирована, то траектории полета целей могут вычерчиваться на специальных планшетах-картах. Оператор-планшетист принимает донесения о целях по телефону и наносит курсы целей и их характеристики на планшет. Это трудоемкая, кропотливая работа, требующая огромного внимания и больших навыков от оператора. Кроме того, скорость его работы ограниченна, и он практически может отображать на планшете курсы и характеристики всего лишь нескольких целей. В сложной воздушной обстановке, когда в контролируемой зоне имеется много целей, необходимо увеличить число операторов. Это приводит к загрузке каналов связи и к значительному запаздыванию наносимой обстановки, что может сказаться на эффективности отражения воздушной атаки.

В автоматизированных системах вопрос отображения обстановки может быть решен различными способами. Наиболее интересным из них является следующий. Специализированная ЭВМ сопрягается с электронным индикаторным устройством, имеющим достаточно большой экран, на котором обстановка на фоне карты местности появляется автоматически, без задержки во времени. Командир имеет возможность наблюдать ее в динамике.

Очередной этап работы системы управления — подготовка данных для выработки решения на ведение боя. Для этого командир изучает действия противника, учитывает состояние своих войск и в свете поставленной задачи принимает решение на ведение боя. Ответственность командира при принятии решения очень велика, а время для анализа ограничено. Поэтому если система не автоматизирована, то многочисленные помощники командира производят анализ вариантов решений и результаты докладывают командиру. Но вариантов может быть чрезвычайно много. Поэтому командир вряд ли успеет проанализировать все их за ограниченное время.

Подкрепим это таким примером (рис. 3). Имеется два активных боевых средства (один комплекс ЗУР и одно подразделение истребителей-перехватчиков). На обороняемый ими объект производят налет два бомбардировщика противника. Вариантами уничтожения последних могут быть следующие:

1) средство № 1 уничтожает цель № 1, а средство № 2 — цель № 2;

2) средство № 1 уничтожает цель № 2, а средство № 2 — цель № 1;

3) средство № 1 сначала уничтожает цель № 1, а затем — цель № 2;

4) средство № 2 сначала уничтожает цель № 1, а затем — цель № 2;

5) средство № 1 сначала уничтожает цель № 2, а затем — цель № 1;

6) средство № 2 сначала уничтожает цель № 2, а затем — цель № 1.

Это только по двум целям. А если целей не две, а десять и огневых средств не два, а значительно больше, то количество вариантов будет огромным. Эти варианты по своей эффективности не равноценны. Среди них есть

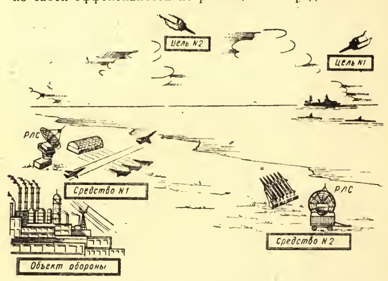


Рис. 3. Распределение активных средств для уничтожения целей

и лучшие и худшие. Оценка эффективности каждого из них требует проведения довольно сложных математических расчетов. При ограниченном времени очень трудно будет командиру все просчитать, выбрать наилучший вариант.

В автоматизированной системе подготовку выработки решения выполняет специализированная ЭВМ. Она решает задачу оптимального распределения активных средств по целям, вырабатывает целеуказание каждому средству и способ воздействия по выделенной для него цели. Роль командира здесь по-прежнему велика, но значительно облегчена — он анализирует варианты, предложенные ЭВМ, и принимает решение. Важно и то, что командир имеет возможность быстро просмотреть определенное количество вариантов одного и того же расчета при неизменных значениях нужных параметров.

И, наконец, последний этап работы АСУ — наведение огневых средств на цель и управление ими в ходе боя. Сюда следует отнести, во-первых, передачу выработанных команд управления по линиям связи. Во-вторых, непосредственное управление активными средствами (наведение радиолокаторов на цели, выбранные для уничтожения, управление ракетами, выведение истребителей-перехватчиков к рубежу атаки и др.). Таким образом, в основе управления войсками лежит творческая деятельность командира. Но соединение логического мышления человека с работой машин (под руководством человека) дает наибольший эффект. И наконец, штаб или командный пункт, оснащенный современной автоматизированной системой управления, способен справиться с самыми сложными боевыми задачами.

ЭВМ — ОСНОВА АСУ

Что такое ЭВМ? Электронно-вычислительные машины, вобравшие в себя новейшие достижения математики, физики, радиоэлектроники, автоматики, называют «думающими машинами». Да, это особая машина, которая работает самостоятельно, автоматически по заранее заданным программам и действует точно, с большой скоростью. ЭВМ являются надежными помощниками человека не только в вооруженных силах, но и поч-

ти во всех отраслях народного хозяйства. С их помощью решаются сложные задачи управления промышленностью, сельским хозяйством, задачи планирования и учета, прогнозирования и распределения. Таким образом, круг задач, решаемых с помощью ЭВМ, сегодня исключительно широк.

Основные элементы ЭВМ — сложные переключающие электронные схемы, с помощью которых она производит вычисления в быстром, не доступном для человека темпе и на длительное время «запоминает» полученные результаты вычислений. На рис. 4 показано, какие именно элементы включает ЭВМ. Сюда входят внутренние и внешние запоминающие устройства, арифметическое, а также входное и выходное устройства. Во внешнем запоминающем устройстве («долговременная память») хранятся данные, над которыми должны проводиться операции, и так называемая программа — установленный порядок выполнения арифметических операций в виде закодированных команд.

Хранение информации осуществляется с помощью перфокарт, перфолент, а также магнитных лент и барабанов. Для проведения мгновенной обработки требуемых данных группы чисел при помощи команд передаются автоматически во внутреннее запоминающее устройство («оперативную память»), откуда они могут быть пере-

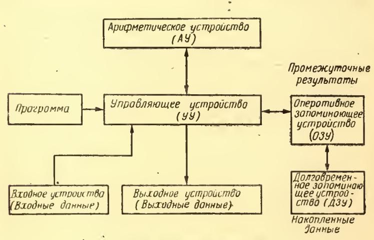


Рис. 4. Блок-схема ЭВМ

даны в арифметическое устройство в течение миллионных долей секунды. Во внутреннем запоминающем устройстве данные хранятся в двоичном коде в пронумерованных по порядку запоминающих ячейках, выполненных, как правило, на магнитных сердечниках.

В арифметическом устройстве выполняются не только четыре основные операции — сложение, вычитание, умножение и деление, но и интегрирование, дифференцирование, извлечение корня и т. п. Оно служит также для управления всеми блоками машины в соответствии с командами введенной в нее программы. С помощью программы машина управляет последовательностью операций, включая передачу информации как между отдельными запоминающими устройствами, так и между оперативным запоминающим и арифметическим устройствами, а также логический выбор одного или нескольких промежуточных результатов. Эта программа представляет собой специфический для каждой задачи порядок команд, которые «считаются» и выполняются машиной.

Результаты вычисления извлекаются из оперативной памяти и передаются через выводное устройство на выход машины. После этого результаты должны быть расшифрованы и вновь преобразованы в читаемую форму или переданы в контур управления самолетом, ракетой или на иной объект АСУ.

Двоичная система счисления — язык ЭВМ. Люди в своей обычной практике делают расчеты на основе десятичной системы счисления с помощью цифр от 0 до 9. Механические вычислительные машины тоже используют десятичную систему. Однако электронные и магнитные элементы, используемые в ЭВМ, являются двухпозиционными и непосредственно не согласуются с десятичной системой. Вместе с тем, с помощью двух элементов или символов можно изобразить любые знаки, цифры, буквы. В качестве примера можно привести азбуку Морзе, где все буквы, цифры и знаки препинания заменены точками и тире. Подобные обозначения в качестве машинного знака — идеальное решение, причем для этого можно принять простейшую аппаратуру.

Азбука Морзе могла бы оказаться подходящим языком для ЭВМ, но она имеет тот недостаток, что группы из точек и группы из тире имеют различную длину. Для

машины же удобнее, если используются группы знаков одинаковой длины. Поэтому конструкторы ЭВМ обратились к двоичной системе счисления, в которой любое число изображается с последовательностью только двух цифр: 0 и 1 — и эту систему положили в основу представления чисел.

В двоичной системе счисления числа изображаются с помощью последовательных коэффициентов степенного ряда основания системы счисления 2; цифры при этом упорядочиваются по ниспадающей степени двойки. Таблица степеней от числа 2 (2^0, 2^1, 2^2 и т. д.) образует таким образом основу системы. На примере десятичных чисел от 0 до 9 показано, как представляются числа в двоичной системе:

Десятичная	Двоичная
0	0000
1	0001
2 (2^1)	0010
3	0011
4 (2^2)	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8 (2^3)	1000
9	1001

Далее, 2^4 (16) в двоичной системе изображается как 10000, 2^5 (32) — как 100000 и т. д. Числа, лежащие между степенями, изображаются затем по такому же позиционному принципу, как у цифр 3, 5, 7.

Чтобы при работе с ЭВМ избежать длинных и растянутых чисел в двоичной системе, были разработаны так называемые «двоично-кодированные десятичные системы», например код «8421» (произносится: код — восемь, четыре, два, один). Он похож на чистую двоичную систему, ибо построен так же, как и она, но разница в том, что заданное десятичное число преобразуется в двоичное не как целое, а каждая цифра преобразуется сама по себе. Так, десятичное число 95 изображается в коде «8421» следующим образом: 1001 0101. Двоичная числовая система, таким образом, создает возможность на основе двухпозиционных конструктивных элементов

построить систему вычислений и любой обработки данных. Например, в электронной лампе двоичная система представлена так: цифра 1 — лампа открыта, через нее идет ток; цифра 0 — лампа заперта, через нее ток не идет.

Следует еще отметить, что не только цифры и числа могут быть изображены в двоичной системе, но также буквы и вспомогательные знаки. Для изображения одного произвольного символа требуется от 6 до 8 позиций в двоичной системе, т. е. от 6 до 8 цифр, имеющих значение 0 или 1, иначе, от 6 до 8 элементов, принимающих два состояния.

На ЭВМ нет плавно меняющихся напряжений, все основные операции в ней совершаются посредством электрических импульсов, быстрых скачков напряжения. Чтобы из одной части машины передать в другую, скажем, цифру 1, надо послать электрический импульс. Каждый такой импульс «живет» и обрабатывается в машине ничтожно малое время — несколько миллионных долей секунды. Поэтому за одну только секунду в машине совершается огромное количество математических действий: тысячи, десятки и даже сотни тысяч. С помощью импульсов изображаются цифры и числа. Но каким же образом их считать, как выполнять арифметические операции?

Мир человеческих мыслей, мир слов чрезвычайно богат, хотя исходных букв, символов в нем немного — всего лишь тридцать-сорок. «Лексикон» ЭВМ на первый взгляд совсем убогий: если сказать образно, в нем только два слова: «да» и «нет». Разумеется, эти слова в такой форме никогда в машине не записываются. Вместо них в виде электрических сигналов существуют единицы и нули. И, несмотря на кажущуюся скудность языка машины, ее возможности исключительно велики. Почему же? Потому, что эти единицы и нули можно брать в очень большом количестве и комбинировать из них самые разнообразные сигналы. Так в цифровых машинах сложился свой язык единиц и нулей, язык двоичной системы счисления. Любая по сложности задача раскладывается на множество простейших операций над электрическими нулями и единицами. В этом и заключается оригинальность и глубокий смысл работы ЭВМ.

Сигнал всегда содержит некоторые сведения о состо-

янии системы, событии или процессе. Как оценить их количественно, т. е. определить количество информации, которое несет сигнал? Такая оценка очень нужна для расчета пропускной способности каналов связи, определения многих характеристик ЭВМ, оценки эффективности кодирования и т. п.

Из теории информации известно, что любое, сколь угодно сложное сообщение можно передать при помощи комбинации лишь двух символов, например 0 и 1, т. е. при помощи уже знакомой двоичной системы счисления. Элементы электронно-вычислительной машины обладают двумя состояниями: «открыто — закрыто», «возбуждение — торможение», «намагничено в одном направлении — намагничено в другом направлении», «заряжено— разряжено», «излучает — не излучает», «есть ток — нет тока». Эти состояния приняты за единицу измерения количества информации. Они носят название «бит», или «двоичная единица». 1 бит — это количество информации, заключающееся в сообщении о выборе одного из двух возможных состояний, которые равновероятны.

Возможности ЭВМ. Таким образом электронно-вычислительные машины могут складывать, вычитать, умножать, делить... В этом нет уже ничего необычного. Необычное — в скорости, с которой они выполняют операции. Чтобы более наглядно представить себе возможности ЭВМ, приведем такой пример. Современная быстродействующая электронная машина способна, например, сложить в одну секунду до нескольких миллионов чисел. Такие высокие скорости вычисления необходимы при выполнении заданий со многими логически связанными явлениями, а также для проведения сложных и дорогостоящих научных и технических расчетов.

В арифметическом устройстве ЭВМ имеются только сумматоры, т. е. устройства, выполняющие сложение. Но как же с помощью их выполняются другие арифметические операции: вычитание, умножение, деление? Вычитание сводится к сложению уменьшаемого с дополнением вычитаемого до основания системы счисления (или до его целой степени). Например, в десятичной системе это выглядит так: 6—3 = ? или 6 + 7 (дополнение 3 до 10) = 13—10 = 3.

Деление выполняется с помощью последовательного вычитания делителя из делимого. Все это происходит в

арифметическом устройстве с помощью соответствующих переключений. Процесс же умножения это по существу многократное сложение. ЭВМ могут производить и логические операции. В каждой из них проверяются справедливости отношений: «больше, чем», «меньше, чем», «равно», «неравно» и др. Соединяя отдельные элементарные этапы, можно проверять достаточно сложные условия, т. е. оценивать некоторые ситуации, делать из них логические выводы, на основе которых принимаются соответствующие решения. Эта возможность принятия решений или выбора вариантов — очень существенный элемент электронной обработки данных. Указанное свойство имеет для командира и его штаба очень большое значение, когда они используют ЭВМ для подготовки решений. Например, машина может автоматически произвести отбор, если командир хочет иметь информацию только о таких целях, местоположение которых оказалось в зоне поражения своих огневых средств.

Очень важное качество ЭВМ еще и в том, что данные, поступившие в нее и накопленные в запоминающем устройстве, можно использовать неоднократно для различных целей. Вместе с тем, ЭВМ могут решать только те задачи, для решения которых составлена и введена в них программа.

Управление автоматической обработкой данных. Наиболее сложный узел ЭВМ, ее «нервный центр» — это управляющее устройство (УУ), или, иначе, процессор, с помощью которого на основе заданной программы организуется и регулируется процесс работы всех устройств и механизмов вычислительной машины.

ЭВМ работает автоматически. Обслуживающий персонал почти не вмешивается в ее действия, он только следит за исправностью устройств машины и ходом выполнения задач. Функции управления, выполняемые УУ, разделяются на внутреннее управление и внешнее — в соответствии с заданной программой. Первые из них заложены в конструкцию машины, т. е. в УУ вмонтированы специальные схемы, которые всегда без внешнего вмешательства, как только машина включена, регулируют работу устройств ЭВМ и обеспечивают их взаимодействие. С помощью примененных в УУ логических схем происходит включение в работу различных элементов процессора, определение путей движения информации в

системе обработки, управление временной последовательностью операций.

Для решения на ЭВМ каждой конкретной задачи необходима особая программа, с помощью которой осуществляется управление последовательностью операций. Программа состоит из большого числа команд, которые следуют одна за другой в необходимой последовательности. В команде дается указание ЭВМ на обработку информации по определенному правилу (алгоритму). Команда состоит из двух частей: кода операции и адресной части. В последней указываются номера ячеек памяти, в которых располагается обрабатываемая информация. В коде операции машине задается, каким образом она должна обработать информацию, находящуюся по указанным адресам памяти ЭВМ. Число команд, которое может выполнять машина, колеблется между десятками и сотнями — в зависимости от типа машины.

Команды обычно делят на несколько групп: команды ввода и вывода, арифметические, для проведения логических операций, команды передачи управления и др. Выполнение каждой операции состоит из цикла подачи команд и цикла их выполнения. В цикле подачи команд отдельная команда передается из оперативной памяти в устройство управления. Регистр команд регистрирует код операции, а регистр адреса записывает адреса данных. В другом цикле происходит выполнение операций: данные, записанные в указанных командой адресах, поступают из оперативной памяти в арифметическое устройство и обрабатываются там в соответствии с кодом операции. Затем в оперативную память записывается результат выполнения команд. Оба цикла последовательно сменяют друг друга.

Арифметическое устройство — сердце ЭВМ. Арифметическое устройство (АУ) — это самая малая по количеству конструктивных элементов часть процессора, но, чтобы дать образное представление о его роли, можно сказать, что АУ — его сердце. Оно выполняет арифметические и логические операции. Устройство управления настраивает АУ на выполнение требуемой операции и дает сигнал к ее началу. Дальнейшее выполнение операции, т. е. управление взаимодействием всех конструктивных элементов АУ до получения конечных результатов, происходит автоматически.

Центральной частью АУ является сумматор. Прежде всего он выполняет сложение, но поскольку все четыре арифметических действия, как уже говорилось раньше, могут выполняться с помощью сложения, то сумматор способен выполнять любую арифметическую операцию. В связи с этим АУ кроме сумматора имеет в своем составе набор логических элементов и собственное устройство управления для специфического соединения этих элементов и сумматора, с тем чтобы настроить его на выполнение нужной арифметической операции. Таким образом, четыре основных арифметических действия выполняются в АУ.

Сумматор состоит из определенных логических конструктивных элементов, которые выполняют логические операции типов «и», «или», «нет». С помощью таких элементов происходит управление выполнением нужной арифметической операции через замыкание и размыкание определенных цепей.

Принцип работы элементов «и» и «или» можно объяснить следующим образом. Допустим, имеется лампа, к которой подведена линия от источника тока. В эту линию последовательно встроены два выключателя. Если включены оба выключателя, то лампа загорается. Так реализуется элемент «и». Если к лампе подведены два подающих ток провода и в каждый встроен выключатель, то для того чтобы подать ток в лампу, нужно включить «или», т. е. один или другой выключатель, или оба вместе. Таким образом осуществлена схема «или». А как действует элемент отрицания «нет»? Здесь нужно знать, что с помощью этого элемента все состояния переходят в противоположные, например, если по цепи течет ток, то включение элемента «нет» разорвет цепь, и, наоборот, если переключатели «и», «или» разорвали цепь, то включение элемента «нет» вызовет замыкание цепи.

Наряду с логическими схемами для проведения арифметических операций АУ имеет еще дополнительные логические схемы, для того чтобы производить сравнения типов «А равно В», «А не равно В», «А больше В», «А меньше В» и т. д. Это дает возможность сравнивать между собой различные данные. На основе результатов сравнения ЭВМ может самостоятельно принимать логические решения, изменять программу и последователь-

ность ее выполнения. Такая самоуправляемость — важнейшая отличительная черта ЭВМ.

Покажем на примере сложения, как ЭВМ выполняет вычислительные операции на основе двоичной системы счисления. Пусть нужно сложить два числа: 21 и 17. В двоичной системе счисления 21 изображается как 10101, а 17 — 10001. При сложении двоичных чисел необходимо учитывать, что $0+0=0$; $0+1=1$; $1+1=0$ с переносом 1 в соседний старший разряд.

$$\begin{array}{r} 10101 \\ +\ 10001 \\ \hline 00100 \\ +\ 1\ \ \ 1\ \ \ \ \text{(перенос)} \\ \hline 100110 \end{array}$$

Программирование — промежуточный процесс. Так как ЭВМ «не понимает» ни русского, ни других языков и принимает команды только в специальном кодированном виде, то необходимо на каждый расчет задавать машине программу, что по существу является промежуточным, но необходимым процессом. Поскольку это неизбежное зло, то нужно стремиться сделать его как можно меньшим.

Программа, как известно, — это определенная совокупность команд, которую должна выполнить ЭВМ. Допустим, математик составил уравнения, описывающие сложный процесс перехвата воздушной цели. Но решить эти уравнения на электронно-вычислительной машине нельзя, пока программист не переведет их с языка формул и символов, понятных человеку, на язык цифровых команд, приемлемых для ЭВМ.

Решение задачи на машине распределяется на несколько этапов: построение математической модели явления; исследование этой модели и переход от нее к расчетной схеме; собственно программирование — перевод схемы на язык ЭВМ; контроль за выполнением программы машиной.

Получив задание, программист сначала разрабатывает алгоритм решения задачи, а затем переводит описание алгоритма на язык машины, образуя программу. Таким образом, программа записывается не в обычной математической символике, а с помощью специального кода, «понятного» для ЭВМ.

Алгоритм представляет собой строгое и однозначное описание последовательности операций, необходимых для реализации выбранного метода решения задачи. Для алгоритма прежде всего характерно, что после завершения каждого этапа должно быть четко установлено, какие операции нужно выполнять на следующем этапе.

Описание алгоритмов задачи при программировании на ЭВМ происходит в виде логических схем или блок-схем программы. С помощью этих логических схем наглядно представлен ход процесса, происходящего в системе электронной обработки данных, и типы выполняемых операций. Логические схемы программы состоят в основном из символов операций (ввод, вывод, вычисления, сравнение) и символов связи между этими блоками.

«Электронный мозг» машины. Рассказывая о возможностях ЭВМ, нередко говорят, что у них есть «электронный мозг». Конечно же, это образное выражение, так как даже у самых совершенных и высокопроизводительных ЭВМ нет никакого интеллекта. Но и ничего сверхъестественного в электронно-вычислительных машинах нет. Их надо рассматривать как большое достижение научно-технической мысли и как верных помощников человека в сложных расчетах. Человек использует в конструкции ЭВМ познанные им законы природы, например высокую скорость передачи электрического тока. Электрический ток в медных проводах автоматов течет со скоростью почти 300 000 км/с, а потоки импульсов в нервных волокнах человека достигают скорости только 100 м/с. Вот почему даже самый образованный и сосредоточенный человек считает намного медленнее, чем ЭВМ. Машина может принимать на магнитную ленту в одну секунду 1 млн. единиц информации в секунду, человек — не более 30 единиц. Возможности запоминания человека также значительно ниже, чем ЭВМ. Поэтому, зная свои возможности, он создает вспомогательное средство для того, чтобы расширить эти границы, чтобы найти лучшее применение своим умственным способностям. Таким образом, ЭВМ может взять на себя большое количество работы, чем в состоянии это сделать ее творцы.

АНАТОМИЯ АСУ

Автоматический обнаружитель цели. Вместе с отраженным от цели сигналом на вход приемного тракта радиолокатора попадают всякого рода помехи. Это сигналы, отраженные от облаков, различных выступающих над земной поверхностью местных предметов; помехами могут являться также грозовые разряды, капли дождя и пр. В боевой обстановке часто бывают искусственные, преднамеренные помехи, создаваемые специально для затруднения работы радиолокационных средств. Со всеми видами этих внешних помех, источники которых находятся вне радиолокатора, проводят более или менее успешную борьбу; уже давно разработаны эффективные методы их подавления.

Однако есть еще один источник помех, который находится внутри радиолокатора. Это так называемые внутренние шумы радиолокационной станции. Откуда же они появляются и какое влияние оказывают на процесс обнаружения сигнала, отраженного от цели? Известно, что эти шумы проявляются как результат тепловых флюктуаций (колебаний) тока, проходящего через первые каскады усиления приемника. На выходе усилительной линейной части приемника эти флюктуации могут достигать больших величин. Борются с внутренними шумами путем подбора специальных «малошумящих» элементов схем.

Сигнал, отраженный от цели, иногда приходит на вход приемника чрезвычайно слабым и по своей величине вполне соизмерим с внутренними шумами. Вместе с шумами сигнал проходит через весь приемный тракт, где он усиливается и преобразуется наравне с шумом — никакого приоритета он в приемнике не получает. С выхода приемника в системе, которая не автоматизирована, сигнал вместе с шумом подается на индикаторное устройство (например, на описанный выше индикатор кругового обзора), за которым работает оператор. Напрягая зрение, он пытается обнаружить сигнал на фоне шумов. Но это ему удается далеко не всегда. Таким образом, процесс обнаружения цели в условиях помех может носить случайный, вероятностный характер. Специальный раздел математики — теория статистических

решений — исследует вопрос обнаружения сигнала на фоне шума.

Сущность вопроса состоит в том, чтобы по результатам наблюдений принять одну из двух возможных, взаимно исключающих одна другую гипотез: «есть цель» и «нет цели». Выбирается та гипотеза, которая является (или кажется) более правдоподобной. При этом могут возникнуть четыре ситуации: 1) правильное обнаружение, т. е. действительно среди сигналов на выходе приемника присутствует сигнал от цели; 2) пропуск цели — на выходе приемника есть сигнал от цели, но оператор его не обнаружил; 3) ложная тревога — сигнала от цели на выходе приемника нет, а оператор принял за цель одну из отметок шума; 4) правильное необнаружение — сигнала от цели нет (есть только шум), и оператор принял решение «нет цели».

Следовательно, необходимо создать такой приемник и индикаторное устройство и так подготовить оператора, которые в совокупности обеспечивали бы высокую степень вероятности правильного обнаружения цели и, таким образом, уменьшить вероятность ложной тревоги. Оказывается, что человек — оператор в данной системе является не вполне надежным звеном. Усталость, нервное расстройство, недостаточный психологический настрой и другие факторы могут отрицательно влиять на его работоспособность.

Целесообразно вместо оператора и индикаторного устройства поставить автомат, который решал бы задачу обнаружения с вероятностями не хуже, а значительно лучше человека. Решая эту задачу, математики предложили всю предполагаемую область обнаружения разделить на две части: область шумов и область целей (рис. 5). Если уровень выходного сигнала не превышает области шумов — считать его шумом и принимать решение об отсутствии цели, а если уровень выходного сигнала входит в область целей, считать, что этот сигнал принадлежит цели и принимать решение о ее наличии. Практически решая эту задачу, радиоинженеры создали устройство обнаружения целей, блок-схема которого представлена на рис. 6.

На выходе приемника ставят простой ограничитель, пропускающий через себя сигналы с амплитудой выше, чем $U_{порог}$, и не пропускающий сигналы с амплитудой

ниже $U_{порог}$. Таким образом, через этот пороговый ограничитель будут проходить только те сигналы, которые находятся в области целей, и не будут проходить сигналы, находящиеся в области шумов (см. рис. 5). Далее стоит нормирующий каскад, который преобразует каждый поступающий на него сигнал в вид, удобный для

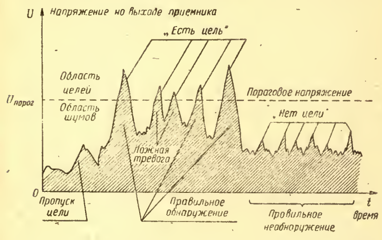


Рис. 5. Принцип принятия решения в области обнаружения

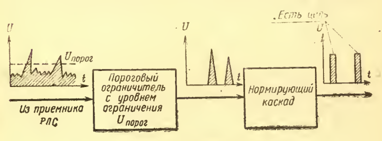


Рис. 6. Автоматическое обнаружение целей

дальнейшего использования, — он формирует сигнал по форме, длительности и амплитуде. Вот так сравнительно просто решается задача построения автоматического обнаружителя целей. Величина порога рассчитывается в зависимости от заданных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги.

Где находится цель? Итак, первая часть задачи решена. Оператор заменен автоматическим обнаружителем. Следующая часть задачи состоит в том, чтобы определить координаты обнаруженных целей и представить их в виде, удобном для дальнейшего использования в ЭВМ, а именно — в двоичном коде.

Здесь для простоты рассмотрим лишь два устройства: устройство для определения дальности и устройство для определения азимута цели. Дальность определяется измерением временного интервала от момента излучения импульса электромагнитной энергии передатчиком РЛС до момента прихода отраженного от цели сигнала с одновременным переводом полученной величины временно́го интервала в двоичный код. Азимут измеряется путем определения угла положения антенны в двоичном коде в момент прихода от цели отраженного сигнала. Все найденные координаты целей в виде двоичных чисел поступают в блок памяти ЭВМ. Эта операция аналогична операции считывания координат целей оператором.

Измерим сначала дальность до цели. В основу построения цифрового дальномерного устройства, предназначенного для выдачи дальности до цели в виде двоичного кода, положена зависимость дальности до цели от времени запаздывания прихода на вход приемника отраженного от цели сигнала:

$$D = \frac{c\tau}{2},$$

где τ — время запаздывания; c — скорость распространения радиоволн ($3 \cdot 10^8$ м/с).

Эту зависимость используют для представления дальности в виде двоичного числа, равного числу импульсов N, поступающих от генератора импульсов счета за время τ:

$$N = F\tau,$$

где F — частота следования импульсов.

Тогда дальность представится таким выражением:

$$D = \frac{c}{2F} N.$$

Блок-схема цифрового дальномерного устройства, работающего по этому принципу, изображена на рис. 7. Схема имеет генератор импульсов счета, счетчик импульсов, расширитель, селектор импульсов счета *И=1* импульсов счета, селекторы считывания и распределитель-сдвигатель. Все разряды счетчика к началу запуска РЛС находятся в нулевом состоянии.

С приходом импульса синхронизации, фиксирующего момент излучения зондирующего импульса передатчиком радиолокационной станции, расширитель вырабатывает широкий импульс, длительность которого соответствует максимальной дальности действия РЛС. Этот импульс открывает селектор импульсов счета *И=1,* и серия импульсов дальности поступает на счетчик. Счетчик подсчитывает количество прошедших импульсов и, следовательно, дальность до цели. Однако пока эти данные со

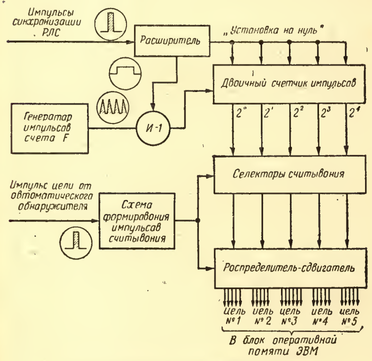


Рис. 7. Цифровое дальномерное устройство

счетчика никуда не поступают, так как на выходе каждого разряда включены селекторы считывания хода дальности.

Только с приходом импульсов цели от автоматического обнаружителя (через схему формирования импульсов считывания) селекторы считывания кода открываются на короткое время, равное длительности поступившего импульса, и считанное число через распределитель-сдвигатель выдается в блок оперативной памяти ЭВМ. С окончанием импульса, вырабатываемого расширителем, формируется короткий импульс, возвращающий счетчик в нулевое положение. Таким образом, в течение одного периода посылок синхронизирующих импульсов измеряются дальности до всех целей — от минимальной до максимальной. Чтобы данные о разных целях, находящихся на различных дальностях, поступали в различные ячейки памяти ЭВМ, используется распределитель-сдвигатель.

А теперь определим азимут цели. Преобразование угловых координат в двоичный код, как отмечалось выше, сводится к измерению угла поворота антенны радиолокатора и выражению его в виде двоичного числа. Упрощенная блок-схема устройства автоматического измерения угловой координаты (азимута цели) представлена на рис. 8. Работа основных узлов устройства аналогична работе соответствующих узлов автоматического дальномерного устройства и кратко сводится к следующему. Синхронно с антенной вращается диск, на внешней окружности которого нанесены азимутальные контакты (метки), количество которых определяет точность измерения азимута; на внутренней окружности диска нанесен один контакт (метка «север»). Азимутальные метки контактируют со схемой считывания тех же меток, которая вырабатывает стандартные импульсы при прохождении через контакт азимутальных меток. Эти стандартные импульсы записываются в счетчик азимутальных меток.

В момент, когда луч антенны РЛС пеленгует цель, в приемник поступает отраженный от нее импульс, который фиксируется автоматическим обнаружителем. С последнего импульс цели поступает в схему формирования импульсов считывания, которая в свою очередь вырабатывает импульс считывания. Этот импульс поступает в

селекторы считывания азимута, а азимут очередной цели считывается в распределитель-сдвигатель, откуда азимут цели поступает в блок оперативной памяти ЭВМ. Один раз за один оборот антенны метка внутренней окружности диска совпадает со схемой считывания импульсов «сброса». Последняя вырабатывает импульс «сброс», поступающий на счетчик азимутальных меток, и устанавливает счетчик на «0», после чего цикл счета азимутальных меток повторяется.

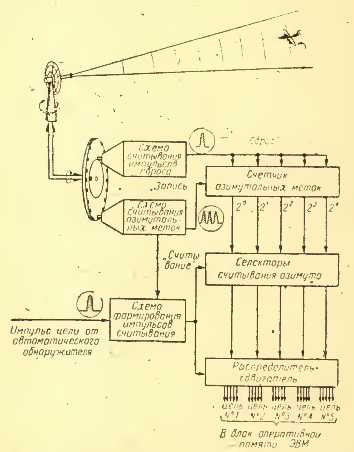


Рис. 8. Цифровое устройство для определения угловой координаты

Таким образом решается проблема, позволяющая исключить из системы должность оператора, а также избавиться от громоздкой и дорогостоящей индикаторной аппаратуры. По сути дела на этом первичная обработка информации заканчивается. Правда, сюда входит еще нумерация целей. В АСУ это делает та же специализированная ЭВМ, которая выполняла все остальные операции ПОРИ.

Построим траекторию движения цели. В результате первичной обработки информации были получены текущие координаты целей, т. е. стало известно, где в данный момент времени в пространстве находится каждая цель. Однако для принятия командиром решения на уничтожение цели этих данных оказывается явно недостаточно, и вот почему. Во-первых, полученная информация, как было уже отмечено, носит случайный характер, и, следовательно, существует некоторая вероятность того, что найденные координаты отметки принадлежат не цели, а помехе, т. е. мы имеем дело с так называемой ложной отметкой. Во-вторых, пока не известны еще направление и скорость движения цели.

Построением траектории движения цели (и прогнозированием этой траектории на определенное время вперед) занимается устройство вторичной обработки информации. Она производится за несколько обзоров радиолокатора и, как мы увидим в дальнейшем, сравнительно легко автоматизируется.

Известно, что основными сведениями, определяющими траекторию движения цели, являются пространственные координаты отметок цели, изменения которых соответствуют закону движения цели в пространстве. Характер траектории зависит от типа цели, высоты ее полёта, скорости, маневренных возможностей, а также от внешних факторов. Выбор закона движения тела зависит от конкретного вида тела, если это, например, баллистическая ракета, то она движется согласно уравнению параболы.

Несколько иначе обстоит дело с так называемыми аэродинамическими целями, каковыми, как известно, являются самолеты. Исходя из характера их движения напрашиваются следующие выводы.

1. Если цель не маневрирует, т. е. перемещается равномерно и прямолинейно, то ее полет может быть опи-

сан уравнением равномерного прямолинейного движения, известного из курса элементарной физики (здесь и далее для простоты мы будет рассматривать только одну координату, подразумевая при этом, что выражения для других координат аналогичны).

$$x(t) = x_0 + v_x t,$$

где $x(t)$ — очередная текущая координата цели; x_0 — исходная текущая координата цели; v_x — скорость изменения координаты x; t — время, прошедшее с момента появления координаты x_0 до момента появления $x(t)$.

2. На участке маневра процесс изменения координат лучше всего пояснить уравнением неравномерного движения:

$$x(t) = x_0 + v_x t + \frac{a_x}{2} t^2,$$

где a_x — ускрение по координате x.

Расчеты показывают, что представление координат маневрирующей цели уравнениями движения выше второй степени существенных преимуществ в точности оценки параметров траектории не дает. Таким образом, траектория движения аэродинамической цели представляется в виде последовательности участков, определяемых уравнениями движения первой и второй степеней.

А теперь проследим, каким же образом может осуществляться обнаружение траектории цели и ее сопровождение? Процесс захвата траектории цели для последующего ее сопровождения поясняется на рис. 9. Пусть во время одного из обзоров зоны радиолокатором появилась отметка цели *1*. А где же появится эта отметка в следующем обзоре, который наступит через некоторое время T_0? Для ответа на этот вопрос можно провести анализ скоростей полета современных аэродинамических летательных аппаратов и узнать возможный диапазон скоростей их полета. Допустим, что этот диапазон колеблется в пределах от $V_{\text{ц}\min}$ до $V_{\text{ц}\max}$. Тогда, зная период обзора T_0, легко определить кольцевую область, в пределах которой можно ожидать появления отметки цели во втором обзоре. Эта область, как видно из рис. 9, ограничена радиусами $r_{\max} = v_{\text{ц}\max} T_0$ и $r_{\min} = v_{\text{ц}\min} T_0$ и имеет площадь, равную

$$S_1 = \pi T_0^2 (v^2_{\text{ц}\max} - v^2_{\text{ц}\min}).$$

Если во время второго обзора в область S_1 попала не одна отметка, а несколько (2, $2'$, $2''$), то все они равновероятно могут считаться принадлежащими искомой траектории, т. е. последняя может быть продолжена в направлениях $1—2$, $1—2'$ или $1—2''$. По полученным парам отметок могут быть вычислены скорость и направление движения каждой из предполагаемых целей и затем прогнозируются (т. е. экстраполируются) положения отметок на следующий (третий) обзор. Вокруг экстраполированных отметок Э образуются круговые области S_2, размеры которых можно рассчитать в зависимости от скорости полета цели и ряда других факторов.

Если в какую-либо область S_2 в третьем обзоре попала отметка, она может считаться принадлежащей к строящейся траектории; далее должна проводиться опять операция экстраполяции, траектория продолжается и т. д., до тех пор, пока захват траектории можно будет оценить как надежный. После этого цель передается на сопровождение. Так как желательно уменьшить время захвата, то иногда считают, что захват траектории является достаточно надежным при наличии двух-трех смежных отметок.

Рис 9. Захват траектории движения цели

Рассмотренный способ захвата вытекает из анализа действий оператора РЛС при визуальном обнаружении цели на экране индикатора. Все операции захвата можно формализовать и их выполнение возложить на вычислительные машины. Как видно, эти операции сводятся к прогнозированию координат и построению областей (их называют стробами) вокруг полученных экстраполированных отметок. Ясно, что если имеются две отметки то экстраполяция осуществляется, исходя из гипотезы о равномерном и прямолинейном движении цели, а если имеется три и более отметок, то экстраполяция осуществляется, исходя из гипотезы о том, что цель маневрирует.

Выражение, с помощью которого, например, по трем предыдущим отметкам можно предсказать положение четвертой (по одной координате x) при условии, что цель не маневрирует, имеет такой вид:

$$x_{э(нм)} = \frac{4}{3} x_1 + \frac{1}{3} x_2 - \frac{2}{3} x_3,$$

где $x_{э\,(нм)}$ — экстраполированная координата неманеврирующей цели;

x_1, x_2, x_3 — координаты предыдущих отметок.

Для случая маневрирующей цели выражение выглядит так:

$$x_{э\,(м)} = 3x_1 - 3x_2 + x_3.$$

Из приведенных выражений видно, что как в случае маневра, так и при его отсутствии для получения экстраполированной координаты необходимо взять последовательно текущие координаты цели, перемножить их с соответствующими коэффициентами и сложить.

Эту операцию может выполнить, например, вычислительное устройство, блок-схема которого показана на рис. 10. На вход A устройства поступают последовательно текущие координаты цели x_1, x_2, x_3 из устройства первичной обработки информации. Эти координаты «пропускаются» через линии задержки *ЛЗ*, имеющие время задержки, равное периоду обзора радиолокатора $\tau = T_0$. Следовательно, координата x_1 появится в точке B в тот момент, когда в точке A будет координата x_3, а координата x_2 — в точке C. Текущие координаты одновременно поступают на множительные узлы K_1, K_2 и

K_3, в которых они перемножаются на заранее заложенные в виде множителей коэффициенты. Полученные произведения K_1x_1, K_2x_2 и K_3x_3 поступают в суммирующее устройство, где складываются, давая на выходе экстраполированную координату $x_э$.

Итак, нами получены экстраполированные координаты местоположения цели. Теперь по принятому ранее способу построим вокруг этих координат зоны, в пределах которых можно ожидать следующую текущую отметку цели (строб). Размеры строба должны быть такими, чтобы вероятность попадания нужной отметки в него была бы по возможности максимальной и в то же время вероятность попадания в него отметок, принадлежащих другим траекториям («ложных» отметок), была бы по возможности минимальной.

Стробы с заранее рассчитанными размерами может вырабатывать специализированная ЭВМ. Если цель не маневрирует и пропусков отметок нет, может вырабатываться «узкий» строб; для сопровождения маневрирующей цели при отсутствии пропусков отметок — «средний» строб; для сопровождения маневрирующей цели при наличии пропусков отметок — «широкий» строб. В случае если в строб попадет несколько отметок, выбирается согласно логике работы оператора та из них, которая ближе всех располагается к экстраполированной

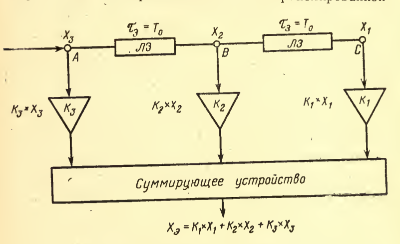


Рис. 10. Устройство экстраполяции

отметке (к центру строба), и она принимается за истинную.

Теперь рассмотрим один из возможных вариантов схемы устройства автоматического сопровождения траекторий целей, выполненного на базе специализированной ЭВМ (рис. 11). Основными элементами схемы являются экстраполирующее и селектирующее устройства, которые могут реализоваться в виде программы работы ЭВМ. Первое из них вычисляет координаты целей на один или несколько периодов обзора РЛС вперед, используя для этого координаты целей за несколько предыдущих обзоров. Данные хранятся в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) ЭВМ и обновляются в каждом цикле обработки информации (после каждого нового обзора). В селектирующем устройстве вырабатываются стробы для каждой траектории и сличаются отметки, полученные в стробах. Таким образом, схема может непрерывно сопровождать траектории нескольких целей, «призывая» к ним все новые и новые отметки и отбрасывая «ложные». Построением траекторий целей заканчивается этап вторичной обработки информации.

Если у командира в качестве источника информации

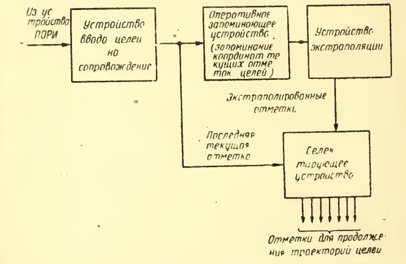


Рис. 11. Схема устройства автоматического сопровождения траекторий целей

имеется всего одна РЛС, то дальнейшей обработки информации ему не требуется, и полученные данные достаточны для принятия решения на поражение целей.

Как передать информацию на командный пункт. Однако на крупные командные пункты стекается информация от многих источников, и в этом случае она подлежит дальнейшей обработке.

Если система не автоматизирована, то информация на командный пункт может передаваться, например, по телефону оператором РЛС. В случае же автоматической обработки первичной и вторичной информации на выходе устройства ВОИ информация представляется в виде двоичного импульсного кода. Этот код представляет собой токовые и бестоковые посылки малой длительности (единицы микросекунд). Так, единица представляется, допустим, положительным прямоугольным импульсом, имеющим длительность 1 мкс, а нуль — отсутствием импульса в заданном временном интервале (рис. 12, *а*). Известно, что передача таких кратковременных сигналов на большие расстояния по обычным проводным линиям будет сопровождаться исключительно большим их затуханием. Поэтому данные, полученные в результате вторичной обработки информации, необходимо перед передачей каким-то образом преобразовать, т. е. привести к такому виду, в котором эту информацию можно передавать без искажений и потерь по обычным каналам связи (проводному или радио). В теории связи существует несколько методов таких преобразований, но остановимся на одном из них — методе фазовой модуляции (рис. 12, *б*). Сущность его заключается в следующем.

При поступлении единицы на фазовый модулятор фаза выходного сигнала не меняется. Если за текущей единицей дальше идет тоже единица, то фаза выходного сигнала опять не изменяется. Если за единицей идет нуль, фаза меняется на 180° и дальше остается неизменной, пока идут нули. При переходе от нуля к единице фаза опять меняется на 180°. Таким образом, на выходе фазового модулятора получается гармоническое напряжение, имеющее частоту f_0, модулированное по фазе по закону поступившего на вход модулятора двоичного кода. Гармоническое высокочастотное напряжение меньше затухает в линиях связи и может передаваться как по проводам, так и по радио практически на любые

расстояния; их легко усилить на промежуточных усилительных пунктах.

Удобство передачи фазомодулированных сигналов по линиям проводной и радиосвязи заключается в основном в их узкополосности. Это позволяет нагрузить обычную телефонную линию несколькими каналами передачи фазомодулированных сигналов, разнеся их по частоте. По этой же линии связи можно вполне разговаривать по телефону, и разговор не будет мешать прохождению по ней фазомодулированных сигналов. На другом конце линии связи, очевидно, необходимо поставить устройство, которое бы осуществляло обратный процесс — снова превращало бы фазомодулированные сигналы в двоичный код. Этот процесс выполняет демодулятор. Описанный принцип организации передачи сообщений в двоичном коде достаточно надежен и может дать практически ничтожные искажения информации.

Информации много, а командир один. Как ему помочь? Вспомним (см. рис. 2), что на командный пункт АСУ поступает информация от нескольких источников (РЛС). Обработку радиолокационной информации, поступающей от таких источников, условились называть третичной обработкой информации.

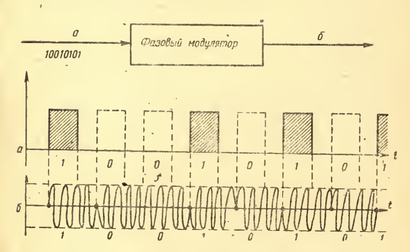


Рис. 12. Принцип реализации фазовой модуляции:
а — импульсы тока; б — фазомодулированный сигнал

В связи с тем что зоны обзора ряда РЛС могут перекрываться, сведения об одной и той же цели могут поступать одновременно от нескольких станций. В идеальных случаях такие отметки целей должны иметь совершенно одинаковые координаты и параметры движения. Однако практически полного совпадения координат и параметров не наблюдается из-за ошибок в изменениях, различного времени локации, из-за ошибок в учете расстояний между РЛС и КП (параллакса) и т. п.

Главной задачей третичной обработки является принятие решения о том, сколько целей находится в действительности в контролируемой зоне. Для решения этой задачи необходимо: собрать донесения, поступающие от различных РЛС; привести отметки местоположения целей к единой системе координат и к единому началу отсчета времени; установить принадлежность полученных отметок к определенным целям; осреднить координаты нескольких отметок, полученных от различных РЛС по одной и той же цели, для получения одной отметки с более точными координатами.

Устройства ТОИ сравнительно просты и могут быть реализованы специализированными ЭВМ при полной автоматизации всех выполняемых операций, ибо формализация перечисленных задач, как мы увидим далее, в принципе не представляет трудностей.

Решим первую задачу: соберем донесения, поступающие от нескольких РЛС. Донесение о цели — это информация, содержащая сведения о ее местоположении, параметрах движения и другие характеристики, передаваемые с РЛС по каналам связи. Примерный вид донесения представлен в табл. 1.

Донесения могут передаваться с АСУ двоично-десятичным кодом. Каждое донесение состоит из нескольких групп цифр, которым присваивается определенное смысловое значение. Группу цифр называют «словом».

Каждое из входного потока донесений от нескольких РЛС должно быть обработано в ЭВМ. Это требует некоторого времени занятости машины. Однако во время обработки донесения на машину может поступить очередное донесение. Система может быть построена так, что это очередное донесение становится в очередь для своей обработки. Сколько же лет оно может ждать? Логика подсказывает, что ожидание должно быть во вся-

Таблица 1

Код донесения \ Смысловое значение	Номер цели		Координаты цели						Параметры				Время локации			
			x		y		H		$V_ц$		$Q_ц$					
Десятичный	1	3	2	4	3	9	8	5	2	0	9	0	1	3	2	5
Двоично-десятичный	0001	0011	0010	0100	0011	1001	1000	0101	0010	0000	1001	0000	0001	0011	0010	0101

ком случае не дольше периода обзора РЛС, когда оно выдает следующее донесение от этой же цели. Блок-схема такой системы сбора донесений с ожиданием представлена на рис. 13. Схема работает так. Все донесения от устройства ВОИ поступают на устройства приема донесений, откуда они направляются в регистры ожидания. Если регистр ожидания свободен, то донесение записывается в нем, а если в регистре хранится предыдущее донесение, то последнее стирается, и его место занимает вновь поступившее как более свежее. ЭВМ, освободившись от обработки очередной группы донесений, передает сигнал готовности к приему следующих на обработку. Этот сигнал поступает в устройство опроса регистров ожидания, последний выдает на регистры ожидания сигнал опроса, по которому донесения из регистров ожидания поступают в ЭВМ третичной обработки информации.

Теперь надо решить вторую задачу — привести отметки местоположения целей к единому началу отсчета и к единой системе координат. Известно, что все РЛС измеряют координаты цели относительно своей точки стояния, а командный пункт (пункт ТОИ) может отстоять от РЛС на значительное расстояние. Это и определило постановку данной задачи.

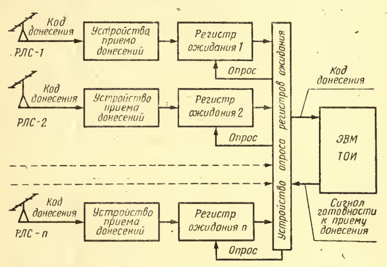


Рис. 13. Блок-схема системы сбора донесений с «ожиданием»

Наиболее простым является случай, когда системы координат РЛС и пункта ТОИ едины и оси координат совпадают. Этот случай представлен на рис. 14. Значения x^1 и y^1 поступают на пункт ТОИ от РЛС, а значения $x_п$ и $y_п$ могут быть измерены по карте и заложены в ЭВМ ТОИ заранее. Задача последней заключается в том, чтобы сложить одноименные поступившие и имеющиеся в памяти ЭВМ координаты и выдать координаты цели, измеренные относительно пункта ТОИ.

А как же привести координаты местоположения цели к единому началу отсчета времени? Что необходимо для облегчения операции отождествления отметок? К этому отсчету времени приводятся отметки, полученные на пункте ТОИ от разных РЛС и имеющие различное время локации. В качестве примера рассмотрим случай (рис. 15), когда две отметки M и N с временами локации $t_М$ и t_N поступили на обработку от двух станций — M и N. Ситуация возникает следующим образом. В момент времени $t_М$ РЛС M произвела локацию цели M и передала на пункт ТОИ ее координаты. РЛС N в это время ($t_М$) не «видела» цели, так как ее антенна была направлена в другую сторону. Через некоторое время — в момент t_N — антенна РЛС N развернулась и РЛС N произвела локацию цели, которая за время поворота антенны переместилась в точку N. Координаты цели РЛС N передала на пункт ТОИ. Чтобы проверить принадлежность отметок M и N к одной цели, надо вычислить их положение по состоянию на одно и то же время. Если результаты вычислений окажутся достаточно близкими, то вполне вероятно, что они относятся к одной цели.

Отметки к единому времени могут быть приведены следующим образом. Назначается время, к которому требуется привести отметки (например, мы хотим привести все отметки к времени $t_М$). Затем вычисляют разность времен локации обеих отметок $\Delta t = t_N - t_М$ и перемещают отметку N назад по траектории на расстояние $V_ц \Delta t$, и если отметка N совпадает или окажется достаточно близко к отметке M, то считают, что цель одна. В противном случае говорят, что эти отметки принадлежат разным целям.

Следующая задача — установить принадлежность

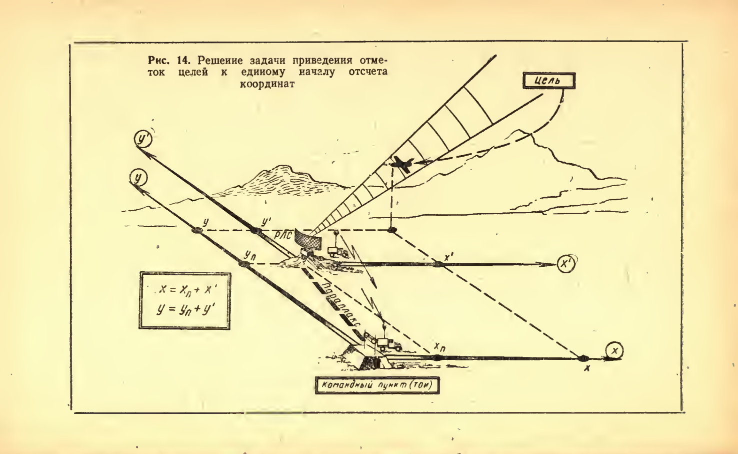


Рис. 14. Решение задачи приведения отметок целей к единому началу отсчета координат

полученных отметок к определенным целям (задача отождествления отметок). В процессе отождествления вырабатывается решение, устанавливающее, сколько целей имеется в действительности, если донесения о них поступают от нескольких РЛС, и как распределяются поступившие донесения по конкретным целям. Отождествление может осуществляться в два этапа: грубое и точное отождествление (т. е. сравнение и распределение отметок целей). В основу первого из них можно заложить предположение, что донесения об одной и той же цели должны иметь одинаковые координаты и параметры. В силу этого решения о принадлежности отметок принимают на основании сравнения их координат, параметров и других характеристик. Если при этом отмечено совпадение всех компонентов, значит отметки тождественны, т. е. относятся к одной и той же цели. Однако в действительности из-за ошибок в измерении и пересчетах координат и параметров полного совпадения не бу-

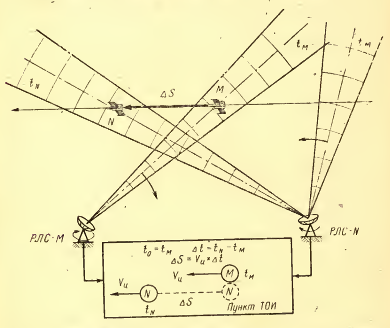


Рис. 15. Решение задачи приведения отметок местонахождения целей к единому началу отсчета времени

дет, несмотря на то, что они получены от одной и той же цели.

В результате возникает неопределенность, которую можно выразить двумя взаимно исключающими друг друга гипотезами. Первая из них предполагает, что несовпадение произошло из-за ошибок в измерениях и пересчетах, хотя отметки принадлежат одной и той же цели. Вторая гипотеза трактует, что несовпадение произошло потому, что отметки принадлежат разным целям. В этом случае решение о выборе первой или второй гипотезы может приниматься на основании оценки величины несовпадения. Для этого вначале составляют разности по всем компонентам и сравнивают их с допустимыми (принятыми в системе) отклонениями.

Решение по отождествлению отметок целей принимают по следующему принципу. Если хотя бы одно из полученных отклонений превышает допустимое, принимается вторая гипотеза, в противном случае — первая.

Этап распределения отметок по отдельным целям также представляет собой логическую задачу, решение которой может производиться в соответствии с четырьмя логическими правилами (рис. 16): а) если в области

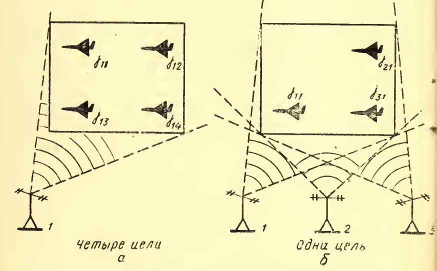
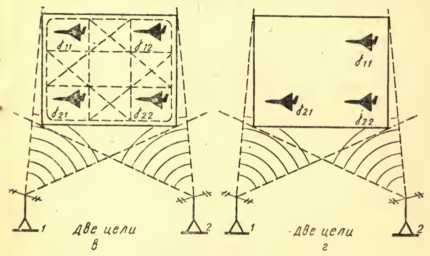


Рис. 16. Основные логические правила
а — первое правило; *б* — второе правило;

допустимых отклонений получены отметки в одном обзоре от одной РЛС, то число целей равно числу отметок; б) если в области допустимых отклонений от каждой из нескольких РЛС получено по одной отметке, то считается, что все эти отметки принадлежат одной и той же цели; в) если от каждой из нескольких РЛС получено по равному числу отметок, то число целей равно числу отметок, полученных от одной станции; г) если от нескольких РЛС получено неодинаковое количество отметок, то станция, от которой получено большее количество отметок, дает наиболее вероятную обстановку.

На рис. 17 цель обозначается индексом j с двузначным числом. Первое из них означает номер РЛС, а второе — номер цели. К примеру j_{12} — цель обнаружена 1-й РЛС и имеет номер второй. Распределение отметок в области допустимых отклонений по конкретным целям возможно произвести формализованно, по правилам, изложенным ниже и поясняемым рис. 17.

Возьмем, например, вариант, когда имеется две РЛС, и каждая в области возможных отклонений дала по две отметки. В соответствии с третьим правилом здесь две цели. Возможные варианты распределения их показаны на рис. 17 *а, б*. Какой же из этих вариантов более прав-



распределения отметок по целям:
в — третье правило; *г* — четвертое правило

доподобен? Для ответа на этот вопрос суммы квадратов расстояний между отметками в каждом из вариантов (α_1 и α_2). Наиболее правдоподбной принимается та комбинация, для которой сумма квадратов расстояний является минимальной.

В результате отождествления сведения о цели представляются группой отметок, полученных от нескольких РЛС. Для формирования из этой группы одной отметки проводится операция осреднения. Способов осреднения известно много, но все они сводятся к стремлению получить отметку с наиболее точными координатами. Например, в том случае, если отметки получены от разнотипных РЛС, за истинную отметку логично принимать ту, которая получена от станций, имеющих лучшие характеристики по точности. Если же РЛС однотипны, то, очевидно, достаточно вычислить среднее арифметическое значение каждой координаты, и оно считается истинным. На этом и заканчивается этап третичной обработки информации, которая реализуется с помощью ЭВМ.

Лучше один раз увидеть, чем десять раз услышать. Современные боевые действия вызывают огромный поток информации, который человек не в силах полностью осмыслить в короткий промежуток времени. В связи с

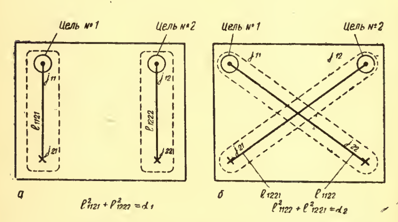


Рис. 17. Распределение отметок в области допустимых отклонений по конкретным целям:

а — первый вариант распределения отметок; *б* — второй вариант распределения отметок

этим весьма важен выбор рациональных форм доведения информации, обработанной ЭВМ, до соответствующих лиц. Поскольку из всех органов чувств человека максимальной «пропускной» способностью обладает зрение, основное значение приобретают методы наглядного отображения информации. Вот почему специалисты пришли к выводу представлять в АСУ информацию визуально в виде букв, цифр, графиков, таблиц, линий, воспроизводящих траектории движения целей, и т. п. Это очень удобный метод, поэтому уместно вспомнить народную поговорку: «Лучше один раз увидеть, чем десять раз услышать».

Информация из ЭВМ выводится с помощью различных устройств: электромеханических, электронных, электролюминесцентных, фотохимических, электрохимических, а также комбинированных. В первых из них сигналы двоичного кода от ЭВМ вначале преобразуются в напряжения постоянного тока, а затем подаются на сервопривод, управляющий чертежным устройством. Чертеж выполняется самописцем на бумаге (или карте). Этим способом можно воспроизводить траектории движения целей, маршруты движения колонн, зоны местности и т. п.

В электронных устройствах информация из ЭВМ через преобразователи выводится на экраны электронно-лучевых трубок и наглядно отображается на них. Этот способ хорош, но требует наличия специальных электронно-лучевых трубок и сложной аппаратуры сопряжения. В электролюминесцентных устройствах основной частью является матричный экран, состоящий из отдельных ячеек, свечение которых образует на экране необходимую информацию. В фотохимических устройствах носителем информации является микрофильм (или диапозитив), на который данные наносятся с экранов электронно-лучевых трубок.

В последние годы, по зарубежным данным, широкое распространение в АСУ получили электронные устройства наглядного отображения информации, выполненные на базе специальной электронно-лучевой трубки типа характрон (рис. 18, *а*). На его экране записываются знаки с помощью электронного луча, поперечному сечению которого задается форма того знака, который необходимо записать. Электронный луч как бы печатает

на экране нужные знаки. По четкости изображения характрон значительно превосходит все остальные известные индикаторы. В характроне между экраном и прожектором устанавливается матрица с большим количеством фасонных отверстий. Направляя электронный луч через одно из них, можно спроецировать на экран необходимый знак. Знаки матрицы и их положение на экране выбираются по сигналам ЭВМ, подаваемым на отклоняющие пластины выбора знака и на отклоняющую катушку положения знака на экране. Чередуя в определенном порядке отклоняющую напряжения, на экран можно нанести боевую обстановку и другую информацию. Благодаря большой скорости перемещения луча и наличию достаточного послесвечения экрана все знаки на экране будут видны одновременно. Матрицу характрона изготовляют из металла толщиной в сотые доли миллиметра и площадью около 1,5 см². В ней прорезано несколько десятков различных фасонных отверстий (цифры, буквы, условные знаки).

Как указывалось в иностранной прессе, кроме однолучевых характронов выпускают и двухлучевые, что значительно увеличивает разнообразие индицируемых

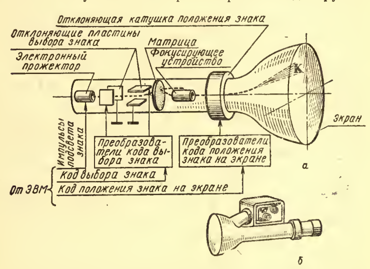


Рис. 18. Знаковая электронно-лучевая трубка типа «Характрон»: *а* — устройство трубки; *б* — двухлучевой «Характрон»

знаков. Иногда в задней стенке характрона делают окно (см. рис. 18, *б*), через которое с помощью диапроектора высвечивают статическую обстановку (например, карту местности), на которую накладывают знаки, наносимые через матрицу.

На экранах характронов, применяемых в зарубежных системах ПВО в качестве характеристик воздушных целей, используют так называемые формуляры целей (рис. 19, *а*). Формуляр может быть выражен группой букв и цифр. Центр группы определяет место нахождения, а стрелка возле формуляра — направление ее движения. Формуляр перемещается по экрану в соответствии с траекторией движения цели. На рис. 19, *б* показан экран характрона, на котором видны отметки целей с формулярами.

Недостаток характронов в том, что экран их недостаточно велик (по диаметру 50—60 см). Естественно, что на такой небольшой площади командиру трудно разобраться в сложной обстановке, которая складывается в районе боевых действий на площади иногда в десятки и сотни тысяч квадратных километров. И здесь на помощь командиру приходит аппаратура большого экрана. Одна из них американская «Репроматик рекордер», позволяющая воспроизводить на экране площадью до 20—25 м² диапозитивы фотоснимков с характрона через две секунды после съемки. Все процессы здесь (фотографирование, обработка пленки и проецирование) происходят непрерывно и управляются специальным синхронизирующим устройством. Расход пленки при смене кадров через 5 с за 24 часа непрерывной работы составляет всего 415 м (17 280 кадров). Важным достоинством аппаратуры является возможность сохранить заснятые изображения в качестве отчетного документа.

Другая американская система получения наглядного отображения информации на экране размером 2,5×2,5 м (система SC-2000) использует метод ксерографической записи. В этой системе (рис. 20) изображение с экрана характрона проецируется на предварительно заряженную статическим электричеством селеновую пластинку. Оптическое изображение, попадая на пластинку, разряжает ее на освещенных участках и создает на ней электрический рельеф, который для проявления изображения обрабатывается окрашенным порошком. В результате

Строчная буква-свой самолет, заглавная-чужой

Условный номер цели

Тип самолета

A 2 F

0 3 1

1 4 0

Высота полета

Направление движения цели

Номер самолета в группе

. Скорость палета

а

A 2 F
0 31
1 40

04F
341
270

A 3 Б
032
811

б

такого сухого проявления, длительность которого не превышает одной секунды, на пластинке появляется отчетливое изображение. Затем оно проецируется на экран. Полный цикл обработки информации не превышает 5 с. Пластина может быть использована неоднократно. Изо-

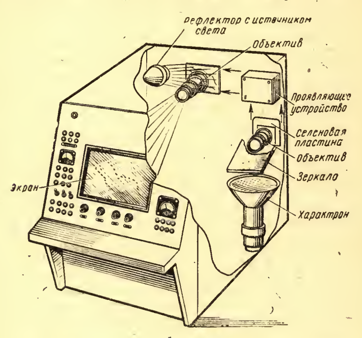


Рис. 20. Америкаиская система нагляднoго отображеиия информации С-2000

бражение на экране имеет высокие характеристики по яркости, контрастности, разрешающей способности, и его можно наблюдать при дневном освещении.

Автомат помогает командиру принять решение. Таким образом, на КП командир получил возможность наблюдать и оценивать обстановку в районе боевых действий. Но для полноты картины кроме данных о противнике на устройства наглядного отображения должна по-

---

Рис. 19. Возможиый вид изображеиия «формуляра» цели и общий вид экраиа «Характроиа»:

а — общий вид «формуляра» цели; *б* — общий вид экрана с обстаноакой

ступать и отображаться информация о состоянии и действиях своих войск. Теперь задача командира заключается в том, чтобы на основе анализа действий противника, состояния подчиненных частей и в свете задач, полученных от вышестоящего командования, принять необходимое решение и довести его до исполнителей, т. е. осуществить целераспределение. Каждому огневому средству следует назначить определенную цель. Если имеется несколько целей, то должно быть указано, какие конкретно средства, в каком количестве, в каком порядке и когда воздействуют на ту или иную цель. В условиях действий средств ПВО, например при отражении большого воздушного налета, боевая обстановка может быть так сложна, а число возможных вариантов целераспределения так велико, что принятие решения без специальных расчетов оказывается очень затруднительно. Поэтому решение задачи целераспределения на командных пунктах средств ПВО может быть возможно на ЭВМ. Машина реализует алгоритм целераспределения. Такие алгоритмы могут быть созданы совместными усилиями офицеров-тактиков, математиков и программистов.

Благодаря тесной связи математических методов исследования боевых действий с вычислительной техникой последняя приобретает все большее значение. Однако даже самая совершенная ЭВМ не способна, конечно, полностью заменить человека, которому свойственны творческие и интеллектуальные качества и широта охвата явлений и событий. Как подчеркивается в зарубежной печати, вычислительные машины, работающие в войсках, вырабатывают пока еще не решение, а лишь основу, помогающую командиру принять решение. Нужно иметь в виду, что всякая математическая формулировка боевых действий является только схемой, она не может отображать истинного соотношения сил противоборствующих сторон. Имеется много факторов (политических, моральных и т. п.), которые невозможно описать математически, но которые могут существенно влиять на ход и исход боевых действий в целом. В связи с этим командир не должен слепо следовать «советам» ЭВМ. Окончательное решение он принимает на основании рассмотрения обстановки и анализа количественных и качественных критериев с учетом факторов, не поддаю-

щихся математической оценке. Таким образом, творческий процесс принятия решения был и остается за человеком. Но применение ЭВМ освобождает командира и штаб от необходимости хранить в памяти огромное количество различной информаци, которая влияет на результаты решения задач. Следовательно, преимущества ЭВМ как автоматического помощника командира при принятии решения ясны. Это экономия времени, высокая точность решения задач, автоматический учет быстроменяющихся факторов, высвобождение людей от утомительной однообразной работы.

Что же могут включать в себя данные, которые передают с КП огневым средствам? Зарубежные специалисты считают, что если огневым средством является зенитный ракетный комплекс, то на него могут, например, передаваться: координаты цели, параметры ее движения, а также рубеж, на котором цель должна быть уничтожена, способ ее уничтожения и т. д. Для экипажа истребителя-перехватчика могут быть направлены такие указания: момент взлета, маршрут выхода на исходный рубеж наведения, курс, скорость и высота полета к рубежу атаки, способ уничтожения цели и т. п.

Как поразить цель? Необходимо иметь в виду, что современные огневые средства могут сами по себе быть комплексными автоматизированными системами. Это, например, зенитный ракетный комплекс (ЗРК), авиационный ракетный комплекс перехват (АРКП) и др. Первый из них предназначен для уничтожения воздушных целей. Эта задача может быть представлена рядом последовательно решаемых частных задач: 1) обнаружение цели по данным, получаемым с командного пункта, в том числе и от АСУ управления боем; 2) определение координат цели и параметров ее движения; 3) определение момента пуска ракеты; 4) наведение ракеты на цель и оценка результатов стрельбы.

В соответствии с решаемыми задачами ЗРК может иметь в своем составе радиолокатор обнаружения и сопровождения цели и ракеты, аппаратуру для решения задач наведения ракеты на цель, радиопередатчик для подачи команд управления на борт ракеты и сами ЗУР. Сущность работы ЗРК поясняется на рис. 26.

С командного пункта, как уже было сказано, на радиолокатор обнаружения и сопровождения цели и раке-

ты поступают коорднната цели. По ннм РЛС наводится на цель, обнаруживает последнюю н начннает ее автоматическое сопровождение. Прн этом точно определяются коорднната местоположення целн, скорость ее полета н курс. Этн данные поступают в спецнальное счетно-решающее устройство, которое определяет момент пуска ракеты. Радиопередатчнк команд нзлучает в направлении летящей ракеты так называемые запросные нмпульсы. Онн приннмаются бортовым прнемннком и после дешнфровки поступают на передатчик сигналов ответа. Последний генерирует импульсы ответа в направленнн раднолокатора, который по этнм импульсам точно определяет координаты ракеты. Они передаются в счетно-решающее устройство, которое, уже имея коорднната цели, вырабатывает команды управлення ракетой в соответствии с выбранным методом наведення.

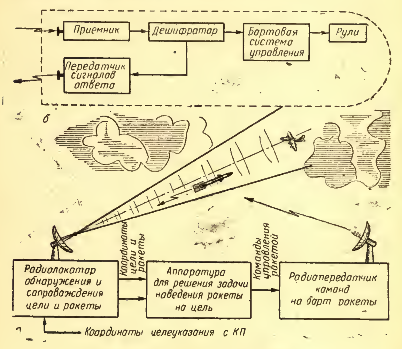


Рис. 21. Структурная схема ЗРК:
а — наземное оборудование; *б*— бортовое оборудование

Команды управления с помощью радиопередатчика передаются на борт ракеты, принимаются и усиливаются приемником, декодируются, затем с помощью бортовой системы управления преобразуются в электрические импульсы, воздействующие на рулевые моторы. Ракета движется по траектории заданного метода наведения. Когда расстояние между нею и целью оказывается минимальным, счетно-решающий прибор выдает команду срабатывания радиовзрывателя, которая передается на борт ракеты. Боевая часть взрывается и поражает цель.

Управляющим органом в данной системе является аппаратура, показанная на рис. 21,*а,* объектом управления — ракета. Задача управления поступает в виде целеуказаний с КП, командная информация — излучения

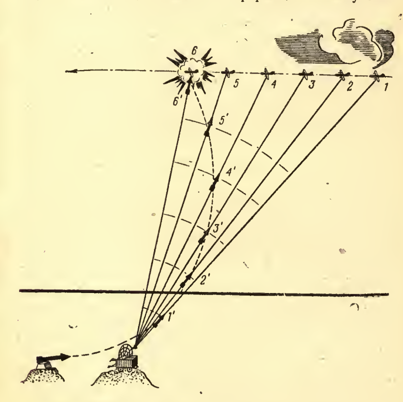


Рис. 22. Метод «трех точек» наведения ракеты на цель

радиопередатчика команд, а информация — сигналов ответа с бортового радиопередатчика. Здесь же прослеживаются операции первичной и вторичной обработки информации, а также операции передачи информации по различным каналам связи.

Остановимся теперь на одной из задач наведения ракеты на цель, решаемых счетно-решающим устройством. Существуют различные методы наведения. Рассмотрим один из них—метод «трех точек» (рис. 22). Его сущность заключается в том, что в течение всего времени полета ракета должна находиться на линии, как бы соединяющей в пространстве радиолокатор с целью. Иными словами, угловые координаты ракеты должны быть все время равны угловым координатам цели.

Уже говорилось о том, что координаты цели и ракеты поступают в счетно-решающий прибор, где одноименные угловые координаты сравниваются и при их неравенстве вырабатывается команда управления такой величины и знака, которая позволила бы устранить возникшее неравенство координат. Одновременно этот прибор сравнивает дальности до цели и до ракеты, и в момент, когда их разность достигает какого-то определенного минимального значения, он выдает команду подрыва боевой части.

АЛГЕБРА БОЯ

Не «чутьем, но числом». Исход боевых действий в современных условиях во многом определяется гибкостью и оперативностью системы управления войсками. Задача выдачи варианта решения может быть возложена на ЭВМ, которая реализует тот алгоритм, который был заранее разработан и заложен в вычислительную машину.

В связи с количественным и качественным ростом технической оснащенности войск, появлением новых мощных видов оружия повысилась ответственность командования за правильность использования людских и материальных ресурсов. Отсюда, естественно, возникла необходимость при принятии военачальником решения руководствоваться не только личными знаниями и опытом, но и результатами научного анализа обстановки. Необходимость преодоления трудностей, связанных с

деятельностью человека по управлению различными процессами, вызвала возникновение и развитие новой прикладной области знаний, получившей название «исследование операций».

Впервые вопросы математически обоснованного правильного выбора решения были поставлены в конце 20-х годов в теории игр. Однако окончательно исследование операций оформилось в самостоятельную научную дисциплину лишь в годы второй мировой войны. Подобно кибернетике, исследование операций — это комплексная наука, объединяющая достижения и методы ряда научных дисциплин: вычислительной техники, теории вероятностей, высшей алгебры, математической статистики и др.

Вторая мировая война поставила перед военным командованием целый ряд задач, которые не встречались в прежних войнах. Например, такие: нужно ли устанавливать зенитные орудия на торговых судах. Как бороться с подводными лодками противника? В каком составе отправлять конвои судов? Какие меры принимать по охране этих конвоев от нападения противника? Какой способ бомбометания самый эффективный? и т. п.

Сотни задач подобного рода возникали перед военным командованием, а правильное решение могли дать только количественные точные методы сравнения. Ведь если решать их приблизительно, «на глазок», всегда есть возможность ошибки, чреватой серьезными последствиями. Вот почему в годы второй мировой войны родилось исследование операций, чтобы находить разумные и правильные решения не «чутьем, но числом».

В самом начале второй мировой войны, борясь с немецкими подводными лодками, английская авиация использовала обычные бомбы. Вскоре выяснилось, что в данном случае от этих бомб мало пользы. Они взрывались на поверхности воды. Поэтому простые бомбы были заменены глубинными, которые могли «достать» лодку и под водой. Но на какой глубине должны взрываться эти бомбы? Изменить установку взрывателя перед тем, когда самолет идет в атаку, нельзя. Нужно заранее найти наилучшую среднюю установку взрывателей. Английские специалисты решили: в большинстве случаев подводные лодки находятся в погруженном состоянии, значит, нужно установить взрыватель так, чтобы бомба рвалась на

глубине около 50 м. Но практика показала несостоятельность такого интуитивного решения. На глубине порядка 50 м подводные лодки не были видны с самолета, а значит, и не могли быть атакованы. А для лодок, которые находились ближе к поверхности моря, взрыв бомбы на глубине 50 м не мог причинить особого вреда. И вот пошли, и снова на «глазок», на компромиссное решение между «глубинным» и «поверхностным» взрывом: взрыватели стали устанавливаться так, чтобы срабатывание происходило на глубине 15 м Целый год шла дискуссия о том, правильно ли это решение или нет. Окончательно решить вопрос помог метод исследования операций.

Анализ боевых действий, проделанный военными экспертами-учеными, показал, что в 40% случаев самолеты атакуют подводные лодки, находящиеся на поверхности моря, и в 10% — лодки, которые успевают погрузиться, но в момент сбрасывания бомб еще видны. Для лодки, находящейся на поверхности моря, взрыв на глубине 15 м не очень опасен. Численный анализ вероятности поражения подводной лодки показал, что изменение глубины взрыва с 15 на 7,5 м должно, по крайней мере, утроить вероятность ее поражения. И когда на основании этого анализа было дано распоряжение устанавливать на глубинных бомбах взрыватели для срабатывания на глубине 7,5 м, самолеты стали уничтожать вдвое больше фашистских лодок.

Не следует думать, что исследование операций проводится лишь военными. Оказалось, что эта прикладная наука может помогать не только летчикам, морякам, ракетчикам, но и строителям, экономистам, педагогам. Ведь под операцией ученые понимают и военные действия, и всякую целенаправленную деятельность, носящую разумный и систематический характер. Задача исследования операций — оценить результаты этой деятельности количественно (в числах) и найти путь, приводящий к наилучшему способу действий.

Архимед, руководивший обороной Сиракув против римлян, рассчитывал стратегическую позицию как типичную задачу по исследованию операций. Ньютон увеличил выпуск монет на королевском дворе разумной перестановки оборудования — характернейший прием исследования операций. Ученые считают этих ученых пионерами науки о правильном выборе решения.

Поиск решения. Чем шире масштаб операции, тем сложнее задача, больше вариантов выбора, больше ответственности. И тем труднее найти не только наилучшее, но и просто хорошее, приемлемое решение. Ведь возможных вариантов решений бывает обычно очень много. Вот почему в таких случаях человеку поневоле приходилось упрощать задачу, прибегать к приблизительному решению. Опытные специалисты, принимая решение, обращались к аналогиям, вспоминали случаи, сходные с данным, строили догадки и предположения. Многолетняя практика, опыт помогали им принимать разумные решения. Но не всегда они оказывались самыми лучшими. В самом деле, можно ли ожидать, что человек сумеет решить систему множества уравнений с большим числом неизвестных (а именно таковы задачи в управлении войсками), не прибегая к вычислениям, основываясь лишь на интуиции, опыте? Конечно же, нет! Каким бы богатым ни был его опыт, какой гениальной ни была бы интуиция, ошибка, хотя бы в один процент, всегда возможна. А ведь этот процент может оказаться весьма дорогим, поставить под угрозу жизнь многих людей.

В наше время на помощь человеку приходят ЭВМ, с помощью которых он может найти самый лучший план операции. Для автоматизации решения задач, возникающих при планировании и подготовке боевых действий, требуется их формализация, т. е. такая специальная (математическая и логическая) формулировка задач, которая позволяет создать алгоритмы для работы ЭВМ и, следовательно, делает возможным их эффективное применение.

К основным задачам, решаемым на ЭВМ в автоматизированных системах управления, можно отнести, например, следующие: обработка поступающей информации и решение информационно-логических задач, кодирование и декодирование информации; оценка эффективности используемого вооружения и выбор наиболее эффективного боевого средства в конкретных условиях; решение задач целераспределения, т. е. рациональное назначение огневых средств по целям; решение задач целеуказания, т. е. выдача координат цели тому огневому средству, которое предназначено для атаки или обстрела данной цели; выработка расчетных данных, не-

обходимых руководителю для принятия решения; обработка данных, связанных с материально-техническим обеспечением, учетом и распределением материалов; расчеты, связанные с боевой подготовкой, и т. п.

Какой маршрут лучше? Первым математическим методом поиска наилучшего решения был метод линейного, или «математического», программирования. Он был создан в Советском Союзе ленинградским математиком Л. В. Канторовичем незадолго до войны, в 1938—1939 гг. С его помощью решались так называемые «транспортные задачи»: составление оптимального графика вылета и посадки самолетов, плана морских перевозок, передвижения воинских эшелонов по железной дороге и др.

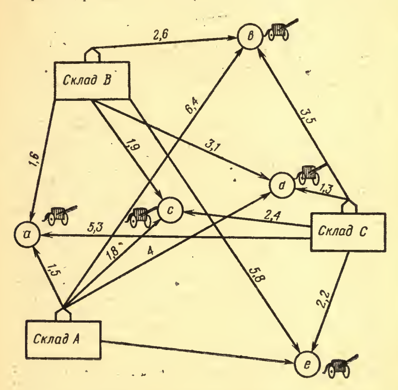


Рис. 23. Расположение складов с боеприпасами и позиций артиллерийских батарей

Рассмотрим, как решается одна из задач по перевозкам. Допустим, на трех складах *A*, *B* и *C* (рис. 23) находится соответственно 90, 75 и 35 тыс. снарядов — итого 200 тыс. снарядов. Есть пять пунктов потребления этих снарядов, т. е. пять батарей, каждая из которых имеет различное число орудий и, следовательно, требует разное количество снарядов. Батарее *a* для выполнения поставленных перед нею задач необходимо 40 тыс. снарядов, батарее *b* — 35 тыс., батарее *c* — 70 тыс., батарее *d* — 30 тыс. и батарее *e* — 50 тыс.; всего — 225 тыс. снарядов. Из-за различия в расстояниях и, значит, в транспортных расходах стоимость одного снаряда зависит от расположения склада и батареи назначения. Автотранспортные расходы на соответствующих линиях, соединяющих склады и батареи, указаны на рис. 23. Как же нужно организовать перевозки для того, чтобы общий пробег машин (а следовательно, и стоимость перевозок) был минимальным? В табл. 2 приведены расходы по перевозкам, а также объемы требований и имеющиеся резервы, указанные внизу столбцов и на концах строк. Поскольку потребности батарей в снарядах превосходят запас, имеющийся на складах, командир вводит в таблицу фиктивный склад *F*, для которого транспортные расходы оказываются гораздо более высокими, чем расходы для фактически имеющихся складов. Таким образом, в условиях окончательного решения фиктивный склад должен будет иметь 25 тыс. снарядов.

Таблица 2

Батареи / Склады	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	Запасы снарядов, тыс. шт.
A	1,5	6,4	1,8	4	3,5	90
B	1,6	2,6	1,9	3,1	5,8	75
C	5,3	3,5	2,4	1,3	2,2	35
F	50	50	50	50	50	25
Потребности в снарядах, тыс. шт.	40	35	70	30	50	225

Пусть фиктивные издержки по транспортировке тысячи снарядов от склада F до какой-либо батареи составят 50 р. Получить первый (какой-нибудь) вариант решения поставленной задачи нетрудно (табл. 3). Для этого сделаем, например, так, чтобы суммы величин, находящихся в строках, были бы равны соответствующим наличным запасам снарядов, а суммы величин в каждом столбце — потребностям соответствующей батареи. Однако пока нет основания утверждать, что это решение, в сущности произвольное, является наилучшим.

Таблица 3

Склады \ Батареи	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	Запасы снарядов, тыс. шт.
A	15	20	40	15	0	90
B	16	9	20	0	30	75
C	9	2	7	10	7	35
F	0	4	3	5	13	25
Потребность в снарядах, тыс. шт.	40	35	70	30	50	225

В задачах такого рода, утверждает теория линейного программирования, имеющих таблицу с m строками и n столбцами, оптимальное решение обязательно должно содержать не менее чем $(m-1) \times (n-1)$ нулей. Оптимальные решения составляют часть множества всех решений, содержащих не более $(m-1) \times (n-1)$ нулей. Если задать одно из таких решений (их называют базисными), то можно, действуя по описанному далее методу, последовательно уменьшить стоимость транспортных расходов, выбирая при этом решения, содержащие не менее $(m-1) \times (n-1)$ нулей каждое. В результате мы придем к оптимальному решению.

Табл. 4 показывает, как следует начинать построение такого базисного решения. Будем, начиная с северо-западного угла (обозначенного стрелкой), заполнять первую сторону, насыщая последовательно столбцы *a* и *b;* запишем далее остаток запаса в первую клетку

столбца *c*. Насытим затем столбец *c*, строку *B*, столбец *d*, строку *C*, и, наконец, столбец *e*. Строка *F* окажется при этом насыщенной автоматически.

Таблица 4

Склады \ Батареи	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	Запасы снарядов, тыс. шт.
A	40	35	15	0	0	90
B	0	0	55	20	0	75
C	0	0	0	10	25	35
F	0	0	0	0	25	25
Потребность в снарядах, тыс. шт.	40	35	70	30	50	225

Действуя так, мы можем быть уверены в получении решения, содержащего по крайней мере $(m-1)$ $(n-1)$ нулей. В данном случае $m=4$ и $n=5$, так что, $(m-1)(n-1)=3\times4=12$.

В табл. 4 имеется 12 нулей (их могло бы оказаться и больше и тогда мы имели бы еще одно базисное решение).

Подсчитаем транспортные расходы на все перевозки снарядов с учетом стоимостей между складами и огневыми батареями, приведенных в табл. 2. Так, со склада *A* на батарею *a* в соответствии с нашим решением (табл. 5) необходимо отвезти 40 тыс. снарядов, а стоимость перевозки тысячи снарядов со склада *A* на батарею *a* по табл 2 определяется как 1,5 рубля. Следовательно, в данном случае стоимость перевозки 40 тыс. снарядов со склада *A* на огневую батарею *a* составит $40\times1{,}5=60$ р.

С учетом стоимостей перевозок между остальными пунктами общая стоимость перевозок определится как

$$(40\times1{,}5)+(35\times6{,}4)+(15\times1{,}8)+(55\times1{,}9)+$$
$$+(20\times3{,}1)+(10\times1{,}3)+(25\times2{,}2)+(25\times50)=$$
$$=2038{,}5 \text{ р.}$$

Как получить лучшее решение? Снабдим для удобства обозначений строки и столбцы рассматриваемой матрицы номерами (табл. 5).

Таблица 5

Склады \ Батареи		a	b	c	d	e	Запасы снарядов, тыс. шт.
		1	2	3	4	5	
A	1	40 / —1	35	15 / +1	x	x	90
B	2	x	x	55 / —1	20 / +1	x	75
C	3	x / +1	x	x	10 / —1	25	35
F	4	x	x	x	x	25	25
Потребность в снарядах, тыс. шт.		40	35	70	30	50	225

Для улучшения решения займемся следующими рассуждениями. Что произошло бы, если бы мы поместили единицу в пустую до того клетку матрицы? Как изменились бы в связи с этим общие издержки? Например, если мы поместим единицу в клетку (3,1) (т. е. в клетку, находящуюся на пересечении третьей строки и первого столбца), то, чтобы избежать изменения суммы элементов в третьей строке, нужно удалить единицу из клетки (3,4). Но тогда, в свою очередь, чтобы сохранить сумму элементов в столбце 4, нужно вписать единицу в клетку (2,4). Продолжение этого процесса приводит к удалению единицы из клетки (2,3), к добавлению единицы в клетку (1,3) и, наконец, к удалению единицы из клетки (1,1).

Обращаясь вновь к таблице издержек 2, отмечаем, что итогам этой операции будет изменение издержек на 5,3—1,3 + 3,1—1,9 + 1,8—1,5 = 5,5 р.

Итак, продолжение не представлят интереса, так как оно приводит к увеличению стоимости перевозок снарядов на 5,5 р. за каждую тысячу снарядов.

Табл. 6 показывает, что если добавить единицу в клетку (2,2), то мы должны изъять единицу из клетки (2,3), добавить ее в клетку (1,3) и изъять единицу из клетки (1,2). В клетках (1,2) и (2,3) фигурирует знак минус. Нужно изъять из этих клеток наименьшую величину, а приходится выбирать между 35 и 55; возьмем 35. Наконец, добавим 35 в клетки (2,2) и (1,3) и изымем 35 из клеток (1,2) и (2,3).

Таблица 6

Склады \ Батареи	1	2	3	4	5	
1	40	35 / −1	15 / +1			90
2		+1	55 / −1	20		75
3				10	25	35
4					25	25
	40	35	70	30	50	

Новое полученное базисное решение представлено в табл. 7. Общие транспортные издержки уменьшились при этом на $3{,}9 \times 35 = 136{,}5$ р. Следовательно, для табл. 7 они равны: $2038{,}2 - 136{,}5 = 1902$ р.

Таблица 7

Склады \ Батареи	1	2	3	4	5	
1	40		50			90
2		35	20	20		75
3				10	25	35
4					25	25
	40	35	70	30	50	

В табл. 7 повторяем предыдущие операции, начиная с расчета возможных вариантов затрат, т. е.

$\delta_{12} = 2{,}9$ $\delta_{25} = 1{,}8$ $\delta_{42} = 1{,}4$

$\delta_{14} = 1$ $\delta_{31} = 2{,}4$ $\delta_{43} = 2{,}1$

$\delta_{15} = -0{,}4$ $\delta_{32} = 2{,}7$ $\delta_{44} = 0{,}9$

$\delta_{21} = 0$ $\delta_{41} = 2{,}4$

Только одна возможная затрата здесь отрицательная — это δ_{15}. Рассматривая последовательность перемещений, соответствующих δ_{15}, видим, что можно переместить не более 20 единиц. Таким образом, мы получаем табл. 8, для которой общие затраты уменьшились на $0{,}4 \times 20 = 80$ р.; затраты, соответствующие табл. 7, составят: 1902—80 = 1822 р.

Склады \ Батареи	1	2	3	4	5	
1	40		30		20	90
2		35	40			75
3				30	5	35
4					25	25
	40	35	70	30	50	

Теперь, исходя из табл. 8, мы получаем варианты различных издержек:

$$\delta_{12} = 3{,}9 \quad \delta_{21} = 0 \quad \delta_{25} = 2{,}2 \quad \delta_{32} = 2{,}3 \quad \delta_{41} = 2$$

$$\delta_{14} = 1{,}4 \quad \delta_{24} = 0{,}4 \quad \delta_{34} = 5{,}1 \quad \delta_{33} = 1{,}9 \quad \delta_{42} = 1$$

$$\delta_{43} = 1{,}7$$

$$\delta_{44} = 0{,}9$$

На этот раз отрицательных стоимостей больше нет и дальнейшее уменьшение общих затрат на перевозку снарядов невозможно; полученное решение является оптимальным, т. е. решением, которое дает минимальные общие затраты, равные 1822 р.

На рис. 24 изображена полученная оптимальная схема транспортировки. В приведенном случае опытный вычислитель мог бы осуществить эту работу вручную примерно в течение часа. Если же задача будет сложнее, то ему потребуется несколько часов, а то и много дней... Вот почему алгоритм, касающийся этого типа задач, был запрограммирован для ЭВМ. Выгодность данного метода бесспорна. Действительно, всего один

час работы с карандашом и вместо начальных расходов по перевозке в сумме 2038,5 р. получаем расходы в сумме 1822 р., т. е. экономия составляет 10,5% общей суммы. Если доверить решение подобных задач ЭВМ, то нахождение действительно оптимального решения займет всего считанные минуты, за которые машина может обсчитать громадное количество вариантов.

Транспортные задачи решаются на ЭВМ не только для военных целей. Метод применим при решении таких задач, как развозка хлеба с хлебозаводов, молока с молокозаводов и других товаров в магазины большого города. Перевозка, например, грузов по оптимальным маршрутам, подсказанным ЭВМ, дает весьма ощутимый результат: стоимость перевозок, по опыту ряда транспортных организаций, уменьшается на 15—20%.

Распределитель цели — это не всегда просто. Церассредоление — это операция, состоящая в назначе-

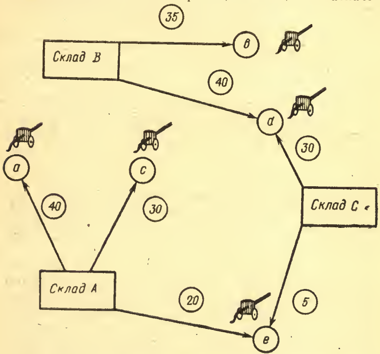


Рис 24. Оптимальная схема транспортировки боеприпасов

нии определенной цели выбранному боевому средству. Если обнаружено несколько целей, которые нужно уничтожить, а в нашем распоряжении имеются различные огневые средства (самолеты, орудия, ракеты), то следует точно указать, какие из них, в каком количестве и когда назначаются для уничтожения каждой из целей.

В условиях прошлых войн, когда боевые действия не были такими быстротечными, решение по целераспределению обычно принималось командиром только на основе опыта и здравого смысла. В настоящее время такой способ не всегда приемлем. Нередко могут встретиться условия боя, когда на выработку обоснованного решения просто не хватит времени (например, при от-



Рис. 25. Наглядное представление решения задачи целераспределения

ражении воздушного налета). В таких условиях решение задачи целераспределения полезно передавать ЭВМ.

Давайте решим одну из задач целераспределения (рис. 25). Пусть в нашем распоряжении имеется пять зенитных ракетных комплексов, обороняющих военный объект, на который производят налет пять самолетов противника. Эффективность стрельбы отдельных комплексов по различным самолетам противника неодинакова (показатели эффективности стрельбы указаны в табл. 9). На пересечении соответствующей строки и столбца в табл. 9 (например, 2-й строки и 4-го столбца) находится величина вероятного ущерба, наносимого атакующим самолетом обороняющемуся при назначении 4-го ЗРК на 2-ю цель. В данном случае вероятный ущерб равен 5 условным единицам.

Таблица 9

Номер ЗРК / Номер цели	1	2	3	4	5
1	17,5	15	9	5,5	12
2	16	16,5	10,5	5	10,5
3	12	15,5	14,5	11	5,5
4	4,5	8	14	17,5	13
5	13	9,5	8,5	12	17,5

Необходимо так распределить зенитные ракетные комплексы по целям, чтобы ожидаемый суммарный ущерб был минимальным. Очевидно, что каждый ЗРК назначается лишь на одну цель. Таким образом, любое возможное решение задачи целераспределения может быть представлено в табл. 10, в клетках которой стоит число 0 или 1, причем в каждой строке и в каждом столбце ровно одна единица (символизирующая выбранное целенаправление).

Номер цели \ Номер ЗРК	1	2	3	4	5
1	0	1	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0

Например, решение, описываемое в табл. 10, соответствует назначению 1-го ЗРК на 2-ю цель, 2-го ЗРК на 1-ю цель, 3-го ЗРК на 4-ю цель, 4-го ЗРК на 5-ю цель и 5-го ЗРК на 3-ю цель. Суммарный ущерб от такого варианта целераспределения составит $15 + 16 + 5{,}5 + 14 + 12 = 62{,}5$ усл. ед.

Для таблицы с пятью строками и пятью столбцами всего может быть $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120$ различных решений. Из них нелегко выбрать наилучшее. При шести строках и шести столбцах мы имели бы для перечисления и сравнительной оценки уже $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 = 720$ допустимых решений. Если таблица имеет 20 строк и 20 столбцов, то число всех решений достигнет $2{,}4329 \times 10^{23}$. Считая хотя бы по минуте на каждое решение. получим 4,63 миллиарда миллионов веков, необходимых для доведения дела до конца. Такие задачи, когда речь идет более чем о шести распределениях, не могут быть решены перечислением всех решений; чтобы успешно закончить работу, следует применить машинный метод расчета.

Сложный характер решения подобных задач был преодолен путем использования венгерского метода (его автор математик Кениг). Основной принцип этого метода состоит в том, что оптимальность решения задачи целераспределения не нарушается при уменьшении (или увеличении) всех выражающих вероятный ущерб эле-

ментов C_{ij} строки таблицы (или ее столбца) на одну и ту же величину C. Это утверждение очевидно, так как решение может содержать в строке и в столбце только один единичный элемент (см. табл. 10).

Таким образом, уменьшение (или увеличение) всех элементов строк (или столбцов) на одну и ту же величину уменьшает (или увеличивает) общую сумму вероятных ущербов на величину C, но не может изменить оптимальности решения.

НА ЗЕМЛЕ, В НЕБЕСАХ И НА МОРЕ

Отечественная и иностранная печать периодически сообщает о все новых направлениях автоматизации в армии, авиации и военно-морском флоте: от простого учета потребностей войск в различных видах военного имущества до управления оружием и силами в бою. Интерес к вопросам автоматизации, как уже отмечалось выше, объясняется, с одной стороны, характером современного боя и войны в целом, а с другой — возросшими за последние годы возможностями технического решения проблем автоматизации даже весьма сложных процессов.

АСУ сухопутных войск. В современных сухопутных войсках уже давно нет пехоты в прежнем понимании. Все подразделения сухопутных войск вместе с боевой техникой перемещаются на колесах. Чтобы обеспечить их эффективные действия, применяются различные АСУ.

В качестве примера рассмотрим единую автоматизированную систему управления сухопутными войсками армии США «Филдейта». Как сообщается в иностранной печати, она охватывает большой диапазон инстанции управления: от пехотной роты до группы армий при наличии специального оборудования в роте, боевой группе, дивизии, армейском корпусе, полевой армии и, наконец, группе армий (рис. 26). Кроме такого «вертикального» построения, обеспечивающего управление подчиненными силами, система включает ряд подсистем управления: артиллерией, ракетными установками, авиацией, ПВО, разведкой, снабжением и т. п.

В распоряжении командира роты имеются автоматизированные средства разведки, датчики информации и

устройства связи. К первым из них относятся телевизионные устройства переднего края, инфракрасные приборы для ночной разведки и портативные радиолокационные станции обнаружения наземных целей. Причем последние даже трудно назвать «станциями», поскольку они не похожи на обычные громоздкие радиолокаторы.

Оператор, работающий за переносной полевой радиолокационной станцией, обнаруживает движение войсковой колонны за 1,5—2 км, автомашину — за 6 км. Усовершенствованный вариант этой станции имеет массу всего 4,5 кг и обслуживается одним оператором, да и тому не обязательно находиться около самого радиолокатора; он может быть за сотни метров от станции, так как в ней предусмотрено дистанционное управление. Обнаружение цели производится оператором на слух, так как принятый отраженный сигнал преобразуется в звуковой, высота тона и громкость которого зависят от характера цели. Опытный специалист может на слух определить, что он обнаружил: одного или несколько идущих солдат или, может быть, ползущего разведчика, машину на гусеничном ходу или колесный автомобиль.

Все полученные сведения о противнике, о местности, на которой располагается рота, командир роты передает по средствам связи в штаб следующей инстанции — боевой группы. Здесь все поступившие от рот сведения о складывающейся обстановке обрабатываются при помощи ЭВМ «Минипак», которая анализирует такие данные о состоянии своих подразделений, рассчитывает применение боевых средств.

В штабе дивизии, куда стекаются данные о действиях боевых групп, установлены более мощная ЭВМ «Бейсикпак» и коммутатор связи. Здесь есть и командный пункт управления артиллерией и ракетными установками со своей собственной ЭВМ «Лоджикпак». В свою очередь, артиллерийские дивизионы и ракетные батареи имеют свои ЭВМ «Компакс», вырабатывающие исходные данные для стрельбы. Данные о целях поступают к ним от ЭВМ «Лоджикпак».

Другим сопряженным звеном управления при штабе дивизии является центр обработки информации и планирования по радиоразведке и радиопротиводействию, то-

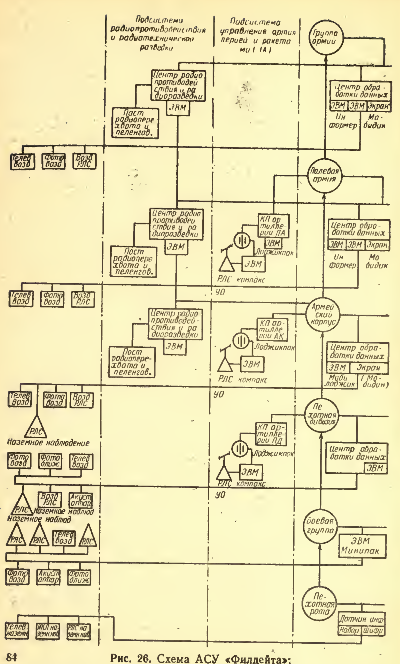
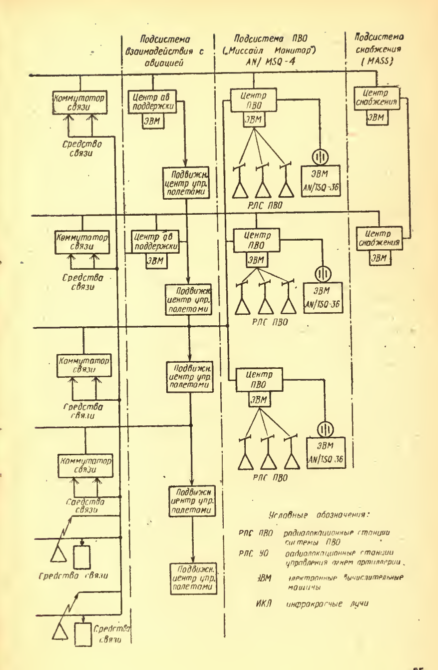


 Рис. 26. Схема АСУ «Филдейта»:


Подсистема взаимодействия с авиацией
Подсистема ПВО („Миссайл Монитор") AN/ MSQ-4
Подсистема снабжения (MASS)
Коммутатор связи
Средство связи
Центр ав поддержки
ЭВМ
Подвижн. центр упр. полетами
Центр ПВО
ЭВМ
ЭВМ AN/TSQ-36
РЛС ПВО
Центр снабжения
ЭВМ
Коммутатор связи
Средства связи
Центр ав поддержки
ЭВМ
Подвижн. центр упр. полетами
Центр ПВО
ЭВМ
ЭВМ AN/TSQ-36
РЛС ПВО
Центр снабжения
ЭВМ
Коммутатор связи
Средства связи
Подвижн. центр упр. полетами
Центр ПВО
ЭВМ
ЭВМ AN/TSQ-36
РЛС ПВО
Коммутатор связи
Средства связи
Подвижн. центр упр. полетами
Средства связи
Подвижн. центр упр. полетами
Средства связи
Условные обозначения:
РЛС ПВО радиолокационные станции системы ПВО
РЛС УО радиолокационные станции управления огнем артиллерии.
ЭВМ электронные вычислительные машины
ИКЛ инфракрасные лучи

же имеющий в своем составе ЭВМ. Электронные цифровые вычислительные машины «Бейсикпак» и «Лоджикпак» предназначены для анализа данных о своих частях и войсках противника, производства расчетов по перемещению своих частей и эффективности средств поражения, составления сводок, суммирования заявок и т. п. Штаб армейского корпуса имеет такое же оборудование, как и штаб дивизии, только здесь решаются свои специфические задачи.

Комплекс автоматизации управления в штабе полевой армии строится уже на использовании двух электронных цифровых вычислительных машин: информационной машины «Информер» и вычислительной «Мобидик». Последние предназначены для обработки и анализа данных о своих частях, войсках противника и о театре военных действий, для учета наличия и потребностей комплектования расчета и отображения радиационной обстановки, для координации действий подчиненных сил, прогнозирования боевой обстановки и т. п.

Последняя инстанция управления — штаб группы армий — имеет такой же комплекс средств автоматизации управления, как и штаб полевой армии.

Все ЭВМ, входящие в единую систему автоматизированного управления «Филдейта», имеют единую систему команд, тип запоминающих входных и выходных устройств. Это облегчает составление программ решения задач, позволяет в нужные моменты заменять одну машину другой, повышая в целом гибкость использования, живучесть и надежность всей системы. Однако, исходя из специфики применения, электронные машины отличаются одна от другой по весу, способу размещения и другим данным. Так, шеститонная ЭВМ «Мобидик» размещается в двух больших автофургонах, а 50-кг ЭВМ «Компакс» можно перевозить в легковой машине. «Мобидик» может производить 52 операции, а «Компакс» только 18. «Мобидик» работает со скоростью 50 000 средних операций в секунду, а «Компакс»—всего 21 000 операций в секунду.

Взаимодействие составных частей АСУ «Филдейта» построено на единой системе связи, обеспечивающей выдачу и прием данных от ЭВМ непосредственно в каналы связи, быструю, гибкую и надежную коммутацию

различных каналов связи при помощи специальных коммутаторов.

АСУ войск ПВО. Противовоздушной обороне в наше время отводится особо важная роль. Быстрое развитие и совершенствование средств нападения, оснащенных термоядерным оружием, способных в кратчайшее время разрушить важнейшие военные объекты и крупнейшие политические, экономические и культурные центры, требует соответствующего развитию средств обороны. В ряде стран разрабатываются методы и средства оперативного управления войсками ПВО, соответствующие современным способам ведения боевых операций. Войска ПВО — один из первых родов войск в системе вооруженных сил, где раньше других начала внедряться автоматизация управления боевой техникой и войсками.

Как типичный пример уместно привести американскую полуавтоматическую систему управления активными средствами ПВО «Сейдж». Ее основное назначение— обеспечение противовоздушной обороны Североамериканского континента от крылатых летательных аппаратов (самолетов-бомбардировщиков), а также от управляемых снарядов класса «воздух—земля» и ложных целей. Она состоит из определенного количества взаимосвязанных и соподчиненных оперативных центров и имеет централизованное управление всеми своими элементами. Радиолокационные станции обнаружения ПВО (и связанных с ней других систем обнаружения) работают круглосуточно. Вся информация о воздушной обстановке передается по линиям связи по инстанции в боевой оперативный центр и на его центральный командный пункт, где отображается. Обнаруженные воздушные объекты должны быть немедленно опознаны. Если обнаруженный объект не дает сигнала опознавания, не предусмотрен планами полетов своих самолетов и в течение определенного короткого времени не опознан, по стране объявляется предупреждение противовоздушной обороны, а на опознавание объекта визуальным способом поднимаются по тревоге истребители-перехватчики.

Штаб и боевой расчет командного пункта, оснащенного системой «Сейдж», получив соответствующие распоряжения, управляют действиями ПВО в своем секторе. В их распоряжении находятся следующие боевые

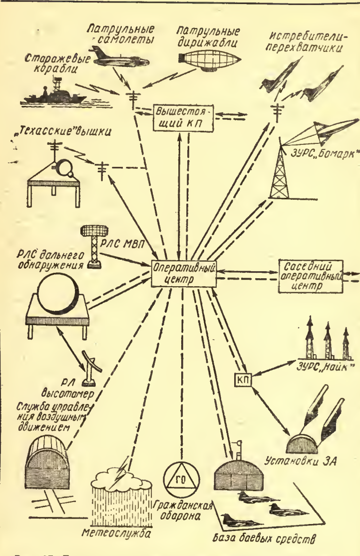


Рис. 27. Боевые и технические средства оперативного центра АСУ «Сейдж»:

сплошная линия — линии передачи данных; пунктир — линии телефонной и телеграфной связи

средства (рис. 27): РЛС обнаружения и опознавания воздушных целей; аппаратура получения данных от РЛС обнаружения; оборудование КП (вычислительная машина, пульты управления с индикаторными устройствами, устройства для ручного ввода данных в машину и др.); аппаратура и линии передачи данных от источников информации к КП и от него к потребителям информации; активные средства ПВО (истребители-перехватчики, беспилотные средства, зенитные ракетные комплексы и т. п.).

Сигналы о воздушных целях, обнаруженных РЛС сектора, обрабатываются и кодируются аппаратурой съема на радиолокационных узлах и передаются по линии связи в оперативный центр на вход ЭВМ, куда поступает также информация от других источников. Радиолокационная информация предварительно проходит дополнительную обработку (фильтрацию) в специальном контрольном устройстве для исключения ложных сигналов. В ЭВМ сигналы расшифровываются и подаются для отображения на индикаторы воздушной обстановки. Так как в машину могут поступать сигналы от многих неопознанных объектов, в оперативном центре операторами производится опознавание целей путем сравнения их курсов с курсами запланированных полетов своих самолетов. Окончательное решение о принадлежности самолета принимается офицером опознавания.

После этого для каждой цели противника и неопознанной цели машина разрабатывает варианты решений о действии по ним своих активных средств. Эти данные поступают к оператору выбора и распределения боевых средств ПВО, который принимает определенное решение и передает его через машину оператору наведения. Наблюдая на экранах индикаторов за положением своих и чужих самолетов, оператор наведения передает пилотам истребителей команды на уточнение курса, скорости или высоты полета.

В годы второй мировой войны оператор станции наведения мог наблюдать за воздушным боем визуально (по экрану) и успевал при этом передавать команды летчикам. Сейчас даже на экране индикатора, где сближение сверхзвуковых самолетов происходит значительно медленнее, чем в воздухе, может возникать такая сложная картина, что оператор еле успевает вовремя

рассчитать маневр и подать команду летчикам. Так что без радиолокаторов наблюдение за воздушным боем сверхзвуковых самолетов попросту невозможно.

Станции наведения системы «Сейдж» имеют меньшую дальность действия, но могут точнее определить координаты самолетов, чем станции дальнего обнаружения. Они выводят истребители совсем близко к объекту атаки, чтобы цель оказалась в зоне действия бортового локатора истребителя.

Наземной станции наведения трудно управлять истребителем, иногда расстояние между ним и объектом атаки становится небольшим, так как отметки от истребителя и самолета противника на экране находятся слишком близко, а иногда и вообще сливаются. Поэтому на истребителях устанавливают небольшие бортовые РЛС перехвата и прицеливания. Как только такая станция «поймает» своим лучом цель, истребитель самостоятельно начинает сближаться с ней и выходит в атаку. Даже не видя противника, летчик может наводить бортовое оружие по данным РЛС, так как все данные для стрельбы уже отражены на его экране: тут и дальность до цели и ее положение относительно истребителя. Летчику остается лишь выбрать момент открытия огня и нажать на гашетку. А в некоторых случаях и это за него выполняет бортовая ЭВМ.

Процесс наведения истребителя-перехватчика на цель может осуществлять и сама ЭВМ командного пункта. В этом случае оператор наведения лишь контролирует процесс наведения, наблюдая, как по командам, вырабатываемым машиной, истребитель-перехватчик автоматически приближается к цели. После окончания перехвата и уничтожения самолета-нарушителя ЭВМ рассчитывает наиболее выгодный курс возвращения истребителей на свой аэродром.

Таковы вкратце операции, выполняемые различными устройствами, вычислительной машиной и операторами в оперативном центре сектора. Командир центра системы «Сейдж» наблюдает и контролирует работу командного пункта по ведению боевых действий ПВО в случае воздушного нападения. Вместе с тем система «Сейдж», разработанная более пятнадцати лет назад, во многом устарела и имеет ряд существенных недостатков.

В настоящее время на вооружении стратегического командования ВВС США состоит АСУ 645L. С ее помощью, как указывается в иностранной прессе, можно отдавать приказы на боевое применение ядерных средств стратегического назначения, а также стратегических бомбардировщиков. Она охватывает все действующие ракетные и авиационные базы на континенте США и обеспечивает разработку планов боевых действий; передачу приказов и оперативных распоряжений; сбор сведений о боеготовности частей и соединений, сбор и анализ разведывательной и метеорологической информации; наглядное отображение оперативной обстановки; оценку деятельности частей и соединений в период учений.

Эта АСУ состоит из трех подсистем: передачи и сбора данных; обработки данных; отображения данных. Первая из них обеспечивает передачу распоряжений с командного пункта подчиненным частям и соединениям, а также данных о боевой готовности сил и средств вышестоящему командованию. Вторая подсистема обеспечивает обработку и накопление данных, поступающих от различных источников информации, а также разработку планов боевых действий. В электронных машинах здесь используется около 1000 рабочих программ, выполняющих более 3 млн. команд. Третья подсистема обеспечивает наглядное отображение обстановки, данных о боевой готовности и текущей деятельности частей. Один комплект аппаратуры здесь состоит из устройства отображения коллективного пользования и десяти быстропечатающих устройств. Устройства отображения представляют собой проекционную аппаратуру, обеспечивающую 7-цветное отображение данных текущей обстановки на четырех экранах 2,4 × 2,4 м. Каждому устройству придается магазинный проектор диапозитивов, с помощью которого накладываются на экран географические, метеорологические, топографические и другие карты. Они совмещаются с изображением динамической обстановки на экране. Некоторые сведения выводятся на устройство быстрой печати, которое печатает данные со скоростью 1000 строк в минуту.

Другая, ныне проектируемая американская АСУ, называется SAM-Д. Она предназначена для поражения высокоскоростных самолетов на различных высотах и

ракет тактического назначения в условиях применения противником радиопомех. Основными элементами системы являются: пункт управления, многофункциональная моноимпульсная РЛС с фазированной антенной решеткой и пусковые установки. Аппаратура располагается в кабинах, а ракеты в контейнерах, которые одновременно являются и пусковыми установками.

Основными качествами системы, как задумали ее создатели, являются: возможность вести огонь одновременно по самолетам, летящим на больших и малых высотах; повышение боевых возможностей благодря применению РЛС с фазированной антенной решеткой. РЛС сочетает в себе функции обнаружения целей, их опознавания, слежения за целями, наведения на них ракет, наличие быстродействующей ЭВМ.

Пункт управления обрабатывает всю информацию, необходимую для боевой работы секции; в него входят ЭВМ, индикаторное устройство и аппаратура автоматической передачи данных. Работой РЛС управляет с помощью ЭВМ, которая обеспечивает обзор ограниченного пространства, обнаружение и выделение нескольких воздушных целей среди помех, опознавание целей и слежение за ними, формирование команд управления и передачу их на борт ракет. Переключение луча РЛС в пространстве происходит за несколько микросекунд. Кроме того, во время работы могут изменяться форма сигнала, период сканирования луча, временные режимы и мощность излучения. Быстродействие ЭВМ — около 1 млн. операций в секунду. Жизнь покажет, будут ли эти замыслы реализованы в действительности.

В печати США приводятся данные об АСУ ЗУР «Мисайл мастер» и войсковой АСУ ПВО «Миссайл монитор». Первая из них, предназначенная для управления огнем ЗУР, является как бы миниатюрным вариантом системы «Сейдж». Управляемые ею батареи располагаются, как правило, по кольцу, окружающему обороняемый объект, на расстоянии от центра в 50—60 км. Она служит для получения информации о воздушной обстановке от системы «Сейдж» или от своих РЛС; обеспечения командира необходимыми данными для принятия боевых решений; координаций батарей (при сохранении права за ними самостоятельно выбирать цели для обстрела).

Система (рис. 28) состоит из РЛС для сбора данных о воздушных целях; командного пункта с оборудованием для автоматической обработки данных и их отображения; средств управления огнем батарей; системы автоматической передачи данных от КП на батареи и обратно.

Собственными источниками информации о воздушной обстановке здесь являются основная РЛС обнаружения и два радиолокационных высотомера, расположенных в непосредственной близости от КП системы, и РЛС обнаружения, установленные в районе каждой батареи и обеспечивающие обнаружение целей, попадающих в «мертвую» зону основной станции. Информацию о более раннем обнаружении целей получают от «Сейдж».

Информация о воздушной обстановке поступает в цифровую вычислительную машину. С ее помощью все операции по обработке информации, распределению целей по батареям, выдаче информации для отображения на индикаторы операторов осуществляются автоматически, как правило, без участия человека. Ведение огня по целям на батареях производится также автоматически. Операторы командного пункта системы и офицеры батареи с помощью индикаторов только контролируют ход операций, корректируя работу аппаратуры в случае необходимости.

Войсковая система «Миссайл монитор» предназначена для противовоздушной обороны района действий полевых армий США. Система (рис. 29) полуавтоматическая, подвижная, приспособлена для транспортировки по земле и воздуху. По составу и принципу действия она подобна системе ПВО «Миссайл мастер».

Основными источниками информации о воздушном противнике является РЛС «Фресканер», способная в отличие от других станций определять сразу все координаты цели: дальность, азимут и угол места. Съем координат в РЛС полуавтоматический с помощью электронного маркера, который при совмещении с отметкой цели вырабатывает координаты цели, автоматически отправляющиеся в цифровую вычислительную машину.

На посту обработки данных установлена специализированная ЭВМ типа «Лоджикпак», которая обрабатывает информацию о воздушной обстановке, поступающую от всех источников, и выдает ее на индикаторные уст-

ройства операторов поста обработки данных и поста управления оружием для отображения. Машина производит оценку всех целей и распределяет их по подразделениям, входящим в систему. Различные цели на экранах индикаторов отображаются разными условными знаками. Когда какая-либо батарея получает определенную цель для огневого воздействия, на индикаторах операторов поста управления оружием прочерчивается светящаяся линия, соединяющая место дислокации батареи с отметкой цели.

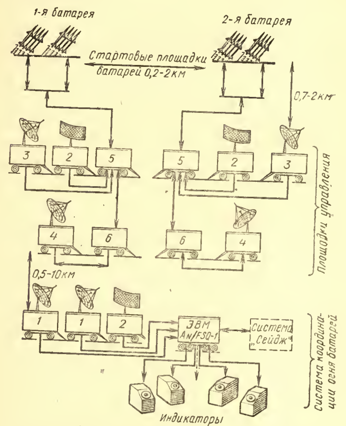


Рис. 28. АСУ «Миссайл мастер»:
1 — высотомеры; *2* — РЛС обнаружения; *3* — РЛС сопровождення целей; *4* — РЛС сопровождення ракеты; *5* — аппаратура управлення огнем батареи; *6*—аппаратура управлення перехватом.

Пост управления оружием ведет наблюдение за общей воздушной обстановкой и отдельными целями, выбранными для поражения. При необходимости, что бывает обычно при массированных данных воздушной обстановки, для обмена информацией между батареями об обнаруженных и обстреливаемых целях используется ЭВМ «Минипак».

На командном пункте батареи производится окончательный выбор цели для обстрела, осуществляются предстартовая подготовка ЗУР к пуску, их предстартовая проверка, наведение на цель и другие операции,

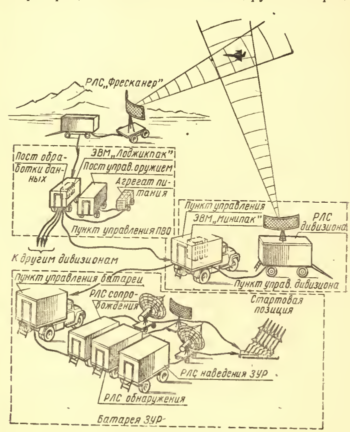


Рис. 29. АСУ «Миссайл монитор»

связанные с ведением огня. В состав аппаратуры управления огнем батареи входят три РЛС: обнаружения, сопровождения цели и наведения ЗУР.

Данные о целях, обстреливаемых батареей, передаются в оперативный центр дивизиона и затем на КП ПВО армии. Для этого каждая батарея в своем составе имеет узел связи, размещенный в фургоне.

«Мозг» противоракетной обороны. Ракетные войска — самые молодые современные войска, но по насыщенности автоматизированными системами управления они уверенно обошли остальные виды вооруженных сил и рода войск. И это не случайно.

Взять, например, запуск баллистической ракеты. Как указывается в печати, траекторию ее полета можно разделить на два основных участка. На первом, активном, участке двигатель ракеты работает, и это дает возможность управлять ее полетом; на втором, пассивном, она движется по баллистической траектории. Управлять ракетой на этом участке уже невозможно. Поэтому для точного попадания в цель необходимо, чтобы ракета в момент окончания работы двигателя имела бы строго определенные скорость и направление движения. Эту сложную задачу выполняют автоматизированные системы управления, которые с помощью РЛС и ЭВМ непрерывно определяют параметры траектории стартующей ракеты и при отклонении характеристик полета от расчетных посылают команду на включение тех или иных корректирующих полет ракеты двигателей. Мощность последних может быть невелика, но достаточна, чтобы исправить небольшие погрешности в скорости и направлении полета. И только когда ракета достигает расчетной точки и получает расчетную скорость, выключаются главный и вспомогательный двигатели и последняя ступень ракеты начинает движение по баллистической кривой. РЛС может продолжать следить за ее движением, но управлять полетом уже невозможно, так как двигатели не работают.

Межконтинентальные баллистические ракеты выполняют задачи стратегического характера. Их нацеливают на крупные и особо важные объекты, которые не могут сменить места своего расположения (например, промышленные или административные центры, крупные порты, ракетные базы и т. д.). Поэтому при точном вы-

ведении на расчетную траекторию баллистическая ракета поразит цель, хотя она и не управляема на пассивном участке траектории.

Для борьбы с баллистическими ракетами создают комплексы противоракетной обороны, такие, например, как американский комплекс «Сейфгард», в состав которых кроме РЛС входят мощные вычислительные центры и автоматизированные системы связи. Они обеспечивают согласованные действия всего автоматизированного комплекса, отдельные РЛС которого могут быть расположены в сотнях и даже тысячах километрах друг от друга.

Первыми узнают об угрозе нападения операторы РЛС раннего обнаружения. Пока они рассматривают цель на экране индикатора, вычислительная машина, работающая во взаимодействии со станцией, высчитывает текущие координаты цели, строит наиболее вероятную траекторию ее полета и определяет, представляет данная цель опасность или нет. Если да, то по системам связи комплекса в центр противоракетной обороны (ПРО) и на станцию целеуказания передается сигнал об обнаружении цели. Станция целеуказания значительно точнее определяет координаты цели и передает информацию на станцию распознавания. Задача последней — дальнейшее уточнение характера летящей цели и выделение (распознавание) настоящей боевой головки среди множества ложных целей, которые может выбрасывать атакующая ракета на последнем участке траектории.

Чтобы представить себе сложность и размеры этих РЛС, приведем характеристику одной из станций распознавания, работающей в США. Вес ее антенной системы 200 т, диаметр параболической антенны 26 м, диаметр обтекателя, предохраняющего антенну от ветров, ураганов и атмосферных осадков, 43 м. Высота сооружения превышает высоту 15-этажного дома. Стоимость станции оценивается в 16 млн. долларов.

Все три станции, о которых мы говорили выше, составляют, так сказать, решающую инстанцию. Если все они решат, что цель представляет опасность и должна быть уничтожена, то в дело вступают боевые средства. Сюда кроме батареи антиракет входят еще две РЛС: станция сопровождения следит за целью и непрерывно

дает ее текущие координаты, а станция наведения сопровождает антиракету и определяет ее местоположение. Данные обеих станций поступают в вычислительную машину, которая определяет траекторию антиракеты, обеспечивающую поражение цели. Соответствующие команды передаются на борт антиракеты и позволяют ей перехватить цель. Мы рассмотрели схему работы противоракетного комплекса США «Найк-Зевс».

В американской печати приводятся данные и о другом противоракетном комплексе США — «Сейфгард», который ныне создается. Он будет состоять из двух основных РЛС и позиций ракет-перехватчиков. Станция кругового обзора, например, предназначена для раннего обнаружения ракет на расстоянии до 1500 км и сопровождения их. Станция будет находиться в подземном железобетонном здании длиной и шириной около 60 м и высотой 40 м. На ракетных позициях будут развернуты ракеты дальнего действия «Спартан» и ближнего действия «Спринт». Их наведение на цели осуществит специальная РЛС. Она обеспечивает сопровождение цели на расстоянии нескольких сотен километров, распознавание наиболее опасной цели и наведение на нее антиракет. Как указывается в американской печати, перед этими сложными РЛС ставится задача одновременного перехвата от десятков до сотен целей.

В системе ПРО «Сейфгард» электронные цифровые машины вместе с радиолокационными станциями работают следующим образом. Любой принятый РЛС сигнал проверяется, не является ли он шумовым выбросом. Для этого ЭВМ выставляет луч станции таким образом, чтобы сделать несколько последовательных наблюдений за предполагаемой целью. Убедившись по последовательности отраженных сигналов в наличии цели, машина определяет ее тип (ракета, искусственный спутник Земли, метеорит) по характеру траектории. Достаточно длительное наблюдение за траекторией цели осуществляется одновременно с обзором пространства, однако скорость обзора при этом несколько снижается. С этой целью ЭВМ по данным о курсе, скорости и высоте полета цели рассчитывает ее положение к моменту следующего цикла сканирования, и луч РЛС выставляется в эту точку без излишних перемещений. Если появится несколько целей, то машина определяет, являются ли

они головными частями ракет, за которыми надо следить, или ложными целями, которыми можно пренебречь. Если это первые из них, то ЭВМ перераспределяет время работы РЛС для слежения за этими целями. В случае большого количества целей, которые могут перегрузить РЛС, электронная машина выбирает наиболее важные из них. При этом в режиме поиска она формирует с помощью антенных элементов широкий луч, обеспечивающий быстрый просмотр пространства, а в режиме сопровождения, требующем знания точных координат, формируется узкий луч «карандашного» типа. Аналогичным образом регулируется длительность импульсов: при переходе в режим сопровождения они сжимаются для получения более высокой разрешающей способности по дальности. ЭВМ устанавливает оптимальные ширину луча и длительность импульсов, позволяющих получить наибольшее количество информации о форме и природе объектов при выделении головной части ракеты среди множества целей.

Если головная часть выполняет маневр и перемещается не по обычной траектории, то ЭВМ подает команду РЛС на проведение наблюдений за ней с более высокой частотой, сохраняя для остальных целей прежнюю скорость наблюдений. Такое вмешательство машины дает возможность прогнозировать движение маневрирующих головных частей ракет. Произвольное перемещение луча антенны в течение нескольких микросекунд и сравнительно большое время распространения сигналов до цели, находящейся на максимальной дальности, превращают синхронизацию излучаемых импульсов в сложную проблему. В зависимости от дальности и положений целей ЭВМ должна рассчитать время их облучения таким образом, чтобы отраженные сигналы от двух целей не поступали на приемную антенну одновременно. Проблема упрощается, если РЛС может работать на разнесенных частотах или сдвигать рабочую частоту от импульса к импульсу. Машина поддерживает силу отраженного сигнала в заданных пределах. Для этого она по данным о дальности, размерах цели и силе отраженного сигнала рассчитывает, а затем автоматически вводит затухание в каждый отдельный приемник РЛС. Далее ЭВМ производит распределение целей, рассчитывает траекторию перехвата для

противоракеты «Спартан» или «Спринт» и вырабатывает команды управления (рис. 30). В случае необычной ситуации электронная машина подает сигнал оператору, который потребует дополнительных данных о целях и примет окончательное решение.

АСУ на флоте. Моряки тоже не упустили возможности использовать преимущества автоматизированных систем управления для повышения эффективности ведения боевых действий на море.

Если посмотреть на современный корабль, то в зависимости от его класса можно увидеть на его борту от одной-двух до 35 антенн радиолокационных станций. По зарубежным данным, авианосцы имеют 30—35 РЛС, крейсера — до 20, эскадренные миноносцы — до 10, подводные лодки — до 5, и даже портовые буксиры имеют хотя бы одну станцию. Чем же занято это многочисленное семейство радиолокаторов?

Прежде всего на корабле нужна радиолокационная станция кругового обзора, которая служит для наблюдения за окружающей обстановкой, предупреждая моряков о появлении и своих, и чужих кораблей и судов, плавающих предметов (айсбергов и т. д.), о при-

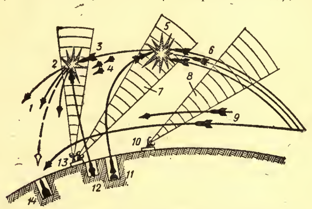


Рис. 30. Схема работы системы ПРО «Сейфгард»:
1 — многозарядная боевая часть; *2* — перехват цели с помощью антиракеты «Спринт»; *3* — головная часть баллистической ракеты; *4* — ложные цели; *5* — перехват цели с помощью антиракеты «Спартан»; *6* — баллистическая ракета, запущенная по обороняемому объекту; *7* — луч РЛС сопровождения ракеты; *8* — луч РЛС сопровождения цели; *9* — орбитальные бомбы типа «FOBS»; *10* — РЛС сопровождения цели; *11* — антиракета «Спартан»; *12* — антиракета «Спринт»; *13* — РЛС сопровождения ракет; *14* — баллистическая ракета «Минитмен»

ближении берегов. Вращающаяся антенна этой станции хорошо видна на любом корабле. Ее стремятся расположить как можно выше, чтобы палубные надстройки и мачты не мешали обзору пространства. Действует здесь и РЛС обнаружения кораблей противника. Устанавливают специальные станции для наблюдения за воздушным пространством. Они, как надежные часовые, предупреждают экипаж о появлении воздушных целей. Имеются специальные счетно-решающие устройства и приборы, которые с помощью ЭВМ корректируют стрельбу корабельных орудий главного калибра, наводят зенитные пушки и ракеты, управляют стрельбой торпедами. Даже в своем родном порту корабль надежно охраняется от столкновения с маневрирующими судами. В зарубежной печати сообщалось, что созданные в последнее время судовые РЛС с помощью специальных вычислительных устройств заранее предупреждают экипаж о возможности столкновения корабля с находящимися в опасной близости судами.

Как же работают АСУ, принятые на вооружение и разрабатываемые во флотах стран НАТО?

В качестве первого примера рассмотрим комплекс приборов для обеспечения навигации и стрельбы атомной подводной лодки ракетами «Поларис» (рис. 31). Основой комплекса является вычислительная машина инерциальной навигации, непрерывно определяющая географические координаты лодки. Данные, вырабатываемые этой ЭВМ, поступают в геобаллистическое вычислительное устройство системы приборов управления стрельбой ракетами. В это устройство также вводятся географические координаты целей.

На основании имеющихся координат подводной лодки и целей геобаллистическое устройство непрерывно определяет положение лодки относительно избранных целей. По этим данным приборы управления стрельбой вырабатывают элементы траектории ракет, которые сосредоточиваются в накопительном устройстве приборов управления стрельбой. Перед запуском ракеты данные от накопительного устройства автоматически вводятся в бортовую специализированную ЭВМ ракеты. После запуска включаются инерциальные приборы наведения ракеты, которые сравнивают фактическую траекторию ее полета с заданной электронной машиной траекторией

и вырабатывают сигналы управления, корректирующие полет ракеты. Машина решает здесь задачи как по расчетным алгоритмам, так и по алгоритмам управления реальными объектами. К задачам расчетного характера относятся сбор, запоминание и обработка информации, определение взаимного положения корабля

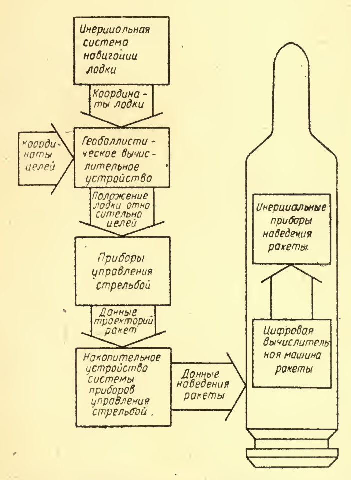


Рис. 31. Комплекс приборов для обеспечения навигации американской атомной подводной лодки и стрельбы ракетами «Поларис»

и цели, определение параметров движения цели, подготовка исходных данных для стрельбы, расчет траекторий полета. Из расчетных задач выделяется по своей повышенной сложности задача выработки рекомендаций по маневрированию и использованию оружия. При высоком темпе боевых действий командир, не успевая произвести необходимого анализа, может принимать в виде рекомендаций результаты расчетов машины постольку, поскольку он знает, какая методика заложена в эти расчеты и на каких основаниях составлены алгоритмы, по которым машина вырабатывает рекомендации.

К задачам управления реальными объектами могут быть отнесены предстартовый и последующий контроль состояния ракеты, управление бортовой аппаратурой ракеты, запуском ракет и торпед, наконец, управление ракетами и торпедами на траектории. Данные, необходимые для решения расчетных задач управления оружием, подаются ЭВМ от датчиков информации (гидролокаторы, радиолокаторы, внешние выносные посты управления, поисковые приборы и др.), а также вырабатываются машиной как результат решения задач кораблевождения (ориентирная вертикаль, истинный север, широта, долгота, скорость и курс лодки, углы крена дифферента и т. д.). Результаты расчетов подаются на экран обстановки или вводятся непосредственно в подготовленные для пуска ракеты и торпеды.

Приведенный выше пример характеризует автоматизированную систему управления оружием лишь на одной подводной лодке. А существуют ли автоматизированные системы управления боевыми действиями группы кораблей? Как осуществляется координация их совместных действий, когда они ведут бой в безбрежных океанских просторах?

Второй пример проиллюстрирует работу АСУ боевыми действиями соединения, в состав которого входят надводные корабли, противолодочные вертолеты и самолеты, противолодочные подводные лодки. Штаб соединения и его командный пункт находятся на надводном корабле (рис. 32). Стационарные штабы противолодочной обороны концентрируют данные о подводных лодках, обрабатывают их при помощи вычислительных машин и передают обработанные данные на штабной корабль. В штабе соединения противолодочной обороны

при помощи ЭВМ производятся расчеты, определяющие, какие силы (корабли, самолеты, вертолеты, подводные лодки) выгодно использовать для наиболее эффективного решения задачи по поиску и уничтожению неприятельской подводной лодки. После этого отдаются приказания выделенным силам (например, на рис. 32 — вертолетам). Вертолет, получив данные о месте, курсе и скорости лодки противника, вылетает в указанный район. Используя данные штабной электронной машины, а также свои источники информации (буксируемые гидролокаторы, телевизоры, магнитометры) и бортовую ЭВМ, вертолет определяет и отображает на специальном экране относительное расположение штабного корабля,

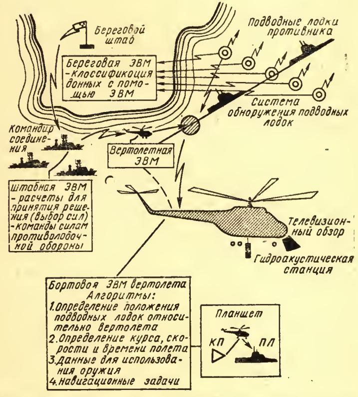


Рис. 32. Структура АСУ соединения военно-морского флота США

вертолета и цели, уточняет элементы движения последней, рассчитывает исходные данные для использования оружия.

В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Представь себе, читатель, готовящийся стать воином наших Вооруженных Сил, что во время службы в армии или на флоте ты будешь обслуживать какой-нибудь элемент электронной установки. Ты можешь стать оператором электронной вычислительной машины, оператором индикаторных устройств радиолокационной станции или системы передачи данных по каналам связи и т. д. Без сомнения, ты хорошо изучишь свою воинскую специальность, станешь классным специалистом, сможешь обслуживать вверенную технику в любых условиях. Воинская служба, до предела насыщенная боевой и политической учебой, протекает обычно очень быстро, и вот уже близится день твоего увольнения в запас. По мере приближения этого дня ты невольно задумываешься над своей будущей деятельностью. Где найти применение своим знаниям и навыкам после армии? Вот вопрос, который будет тебя беспокоить. А военная специальность успела крепко полюбиться, ты чувствуешь, что расстаться с полученной профессией будет трудно, и прикидываешь, можно ли эту специальность применить, как говорят солдаты, «на гражданке»?

Новые явления в экономике, новые условия развития производства исключают совершенствование управления на основе старых традиционных методов. Коммунистическая партия и Советское правительство, неустанно заботясь о росте могущества нашей Родины, улучшении благосостояния советского народа, указывают на необходимость всемерного внедрения автоматизированных систем как основного рычага совершенствования управления производством. Совершенствование управления партия рассматривает прежде всего как политическую проблему, которая позволит резко повысить эффективность общественного производства.

На современном этапе система управления совершенствуется непрерывно по мере развития научно-тех-

нического прогресса и идет в основном в трех направлениях: автоматизация управления с помощью новейшей вычислительной техники; более четкое определение функций и структуры управления, рациональное разделение управленческой деятельности; улучшение экономического механизма управления — совершенствование системы взаимоотношений.

В отчетном докладе на XXIV съезде КПСС Л. И. Брежнев указывал: «...узловой вопрос экономической политики партии — это совершенствование системы управления экономикой. Речь идет по существу о том, как нам лучше организовать деятельность общества по ускорению экономического и социального развития, обеспечить наиболее полное использование имеющихся возможностей...» Ставилась задача: «Быстрее создавать отраслевые автоматизированные системы управления, имея в виду, что в перспективе нам предстоит создать общегосударственную систему сбора и обработки информации»*.

АСУ — в народном хозяйстве — это выгодно. Практика показывает, что широкое внедрение АСУ особенно выгодно в условиях плановой экономики, и при преимуществах социалистического хозяйствования экономическая эффективность автоматизированных систем проявляется наиболее полно. Эффективность применения АСУ основана на точных расчетах, позволяющих полнее учесть ресурсы и резервы предприятий, объединений, отраслей и в целом народного хозяйства. Эту сложную многоплановую задачу должны решать и решают АСУ, создаваемые на базе ЭВМ.

Как сообщала газета «Правда», сейчас в нашей стране действует более 1200 автоматизированных и автоматических систем управления, из них 757 — в объединениях и на предприятиях, 391 — по управлению сложными технологическими процессами и 58 отраслевых систем, обслуживающих плановые и статистические органы, союзные и республиканские министерства и ведомства. За три первых года девятой пятилетки АСУ всех назначений обеспечили получение дополнительной прибыли более чем на 700 млн. рублей. Так, когда на

* Материалы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, 1971, с. 65, 67—68.

19 прокатных металлургических заводах страны были введены автоматические устройства по раскрою металла, то выход высококачественного проката увеличился на 181,2 тыс. т. Предприятия получили за год 3,2 млн. рублей дополнительной прибыли при общих затратах на создание систем 3,6 млн. рублей. Ивановский камвольный комбинат с вводом АСУ увеличил выпуск тканей на 160 тыс. м в год. Использование АСУ в машиностроении, как показала практика, дает возможность повысить производительность труда до 6%, увеличить объем реализации продукции на 2—3% и сократить запас материалов на 2—4% без ущерба для ритмичности работы предприятия.

Только оптимизация с помощью ЭВМ производственных планов для 61 объединения и предприятия позволила увеличить выпуск товарной продукции за год на 60 млн. рублей. При этом дополнительная прибыль составила 13 млн. рублей.

Немаловажное значение имеет применение автоматизированных систем для регулирования дорожного движения. Так, в Алма-Ате успешно действует первая в Советском Союзе АСУ «Город». Электронно-вычислительная машина ЭВМ этой системы сравнивает конкретную обстановку с контрольной ситуацией, определяет наиболее выгодный вариант и выдает решение — включает тот или иной сигнал светофора. С помощью АСУ можно увеличить пропускную способность улицы на 40%, значительно сократить время простоев машин перед светофором.

Как АСУ управляет производством. Принцип действия АСУ по управлению производством поясним на примере работы одного из цехов минского тракторного завода. Этот цех является типичным для машиностроительных предприятий, имеющих крупносерийный характер производства. АСУ цеха состоит из устройств автоматической регистрации хода производства и сбора количественной цеховой информации о запасах деталей, а также ЭВМ «Минск-22», оснащенной набором программ обработки информации.

Действует АСУ в следующем порядке. Приходя в цех, рабочий опускает в «Автотабельщик» пластмассовый жетон с перфорированным табельным номером. Предварительно мастер цеха распределяет задания ра-

бочим. Для этого он вставляет в специальные кассеты вкладыши с номерами закрепленных за рабочими агрегатов, номерами деталей операций. Кассета передается оператору цеха, который выдает информацию непосредственно на рабочие места.

Придя на свое место, рабочий начинает выполнять предписанное ему задание. После изготовления очередной детали (или выполнения очередной операции) он нажимает кнопку датчика на пульте станка. Сигнал поступает к оператору цеха и автоматически фиксируется на его пульте. Накапливаемая здесь информация может быть в любой момент выведена на электрифицированную пишущую машинку для использования диспетчером цеха или участка либо отперфорирована с помощью ленточного перфоратора. Перфолента передается на вычислительный центр завода.

Если возникает опасность остановки оборудования по той или иной причине, рабочий нажимает на одну из клавиш на пульте своего места, соответствующую номеру службы — виновнику возможного простоя. На табло службы подсвечивается (мигает) номер простаивающего станка. Подача сигнала может быть прекращена работником службы только после принятия необходимых мер. Если простой все же возник, рабочий подает сигнал простоя на табло оператора цеха, где высвечивается (уже без мигания) номер простаивающего станка. По команде оператора цеха работник службы наладки и ремонта оборудования (слесарь, энергетик, электромонтер и т. п.) приходит на рабочее место, включает клавишу начала обслуживания и устраняет неполадку. Об окончании простоя свидетельствует поступление сигналов счета деталей на пульте оператора цеха, а сигнал простоя на его табло гаснет.

Если же вспомогательная служба своевременно не ответила на сигнал, то начинает работать дополнительный контур управления; зажигаются сигналы цеховых табло у мастера и у диспетчера, которые включаются в ликвидацию неполадки. Вызов нужного работника может осуществить диспетчер с помощью поисковой системы с индивидуальным радиовызовом. Таким образом, подключение этого контура служит гарантией нормального функционирования системы управления.

Второй контур управления производством проходит

через вычислительную машину. Источником информации являются перфоленты, подготавливаемые оператором цеха. В табуляграмме, выдаваемой ЭВМ, указываются факт простоя оборудования, его длительность и виновники. Соответственно с этим на последних начисляется «штраф» за простой. Подведение итогов работы цеха вычислительная машина производит один раз за смену.

Таким образом, «Минск-22» перерабатывает всю информацию, поступающую из цеха на перфолентах, и выдает необходимые справочные документы для руководящего персонала цеха и участков, а также для производственно-диспетчерской службы завода. Кроме того, ЭВМ производит сопоставление фактического использования оборудования и расчетной загрузки по плану; изготовленного количества деталей и предполагаемой производительности труда рабочих и плановой выработки; фактически начисленной заработной платы и установленного фонда и т. д.

На львовском телевизионном заводе Институтом кибернетики АН УССР разработана и внедрена первая очередь АСУ «Львов». В этой системе оперативная информация о состоянии производства автоматически вводится в ЭВМ от специальных датчиков во время оформления документов о перемещении деталей, узлов и готовых изделий. При этом ЭВМ специальной программой контролирует правильность оформления документов, а результат проверки немедленно сообщает оператору. Кроме того, в соответствии с «программой-диспетчером» электронной машине поручается в определенное время контролировать ход изготовления отдельных деталей, ремонта оборудования и об отклонениях сообщать главному диспетчеру завода. В результате внедрения новой системы на заводе повысилась производительность труда, ускорена оборачиваемость средств, а годовой экономический эффект составил 101,5 тыс. рублей.

Автоматизированным системам управления принадлежит будущее. В настоящее время существуют различные мнения специалистов об использовании АСУ и ее основы — ЭВМ. Однако большинство ученых сходятся в мнении, что автоматизированным системам принадлежит большое будущее. По научным прогнозам, большинство промышленных отраслей будет охвачено комплексной автоматизацией примерно к 2000 г. При

этом кроме систем управления получат большое распространение информационные автоматизированные системы.

Специалисты ряда стран утверждают, что в результате роста автоматизации в основных промышленных отраслях предполагается до 1984 г. снизить общее количество рабочих на 50%.

Большинство специалистов, работающих в области вычислительной техники, полагает, что в будущем будут создаваться системы небольших дешевых оконечных устройств, присоединенных к центральной вычислительной системе. Система ЭВМ и оконечных устройств будет иметь такую структуру, к которой присоединятся несколько десятков больших вычислительных машин (например, около 100 машин в Европе), несколько сотен средних ЭВМ и несколько тысяч мини-ЭВМ и оконечных устройств.

Полагают, что в настоящее время возможности многих ЭВМ используются лишь на 1/3. Причины этого: недостаточная подготовленность специалистов в области математики и исследования операций, а также организационное несовершенство предприятий. Поэтому устранение этих недостатков, а также разработка универсальных систем управления даст возможность более эффективно использовать АСУ в интересах народного хозяйства.

Дальнейшее использование АСУ на промышленных предприятиях идет по пути механизации административной деятельности, в том числе статистики, начисления заработной платы, введения так называемых интегрированных систем, учета потребного количества материалов, деталей и т. п. В последующие годы ожидается широкое внедрение ЭВМ как элементов АСУ в деятельность низшего и среднего уровней управления. АСУ будет повседневным инструментом оперативного управления производственным процессом, расчета уровня складских запасов, загрузки оборудования. С помощью математико-статистических методов все предприятия будут связаны с отраслевым вычислительным центром, имеющим прямые связи как с высшим руководством, так и с точками сбыта. В результате этого значительно упростится организационная структура предприятий. Предполагают, что количество админист-

ративных работников уменьшится за счет этого на 30%. Значительно повысятся требования к профессиональному и общему образованию рабочих. Руководители, освобожденные от административных функций, сосредоточат свое внимание на вопросах стратегии производства (долгосрочные планы и т. п.). На предприятиях будут применяться крупно-масштабные системы сбора и обработки информации, что позволит оперативно приспосабливаться к различным ситуациям, значительно сократить время с момента разработки нового изделия до изготовления промышленного образца. Те предприятия, которые более быстро и эффективно освоят АСУ, получат перед другими большее преимущество.

Таким образом, широкое внедрение автоматизированных систем управления сулит большие выгоды для народного хозяйства, помогает создавать материально-техническую базу коммунизма.

ЛИТЕРАТУРА

Абдурахманов С. А. АСУ в народном хозяйстве СССР. М., «Экономика», 1972.

Базанов Н. Автоматизированные системы управления. «Техника и вооружение», 1972, № 7.

Виноградов Н. Подсказывает ЭВМ. «Красная звезда», 28 мая 1975 г.

Дружинин В. В., Конторов Д. С. Идея, алгоритм, решение. М., Воениздат, 1972.

Денисов В. Г. Человек и машина в системе управления. М., «Знание», 1973.

Египова В. Книгу выбирает ЭВМ. «Московская правда», 1 июня 1975 г.

«Зарубежное военное обозрение», 1974, № 10.

История войн и военного искусства. Учебник. М., Воениздат, 1970.

Крысенко Г. Д. Современные системы ПВО. М., Воениздат, 1970.

Научно-технический прогресс и революция в военном деле. М., Воениздат, 1973.

Романов А. Н., Фролов Г. А. Основы автоматизации систем управления. М., Воениздат, 1971.

Размахнин М. К. Радиолокация без формул, но с картинками. М., «Советское радио», 1971.

Романов А. Н., Фролов Г. А. Оператор-программист. М., Изд-во ДОСААФ, 1972.

Романов А. Н., Фролов Г. А. Радиолокация — что это? М., Изд-во ДОСААФ, 1973.

Анатолий Николаевич Романов,
Григорий Андреевич Фролов

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БОЕМ

Редактор *Л. Д. Черноусько*
Художник *Г. С. Богачев*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *Н. В. Коргина*
Корректор *В. Н. Лапидус*

Г-80652 Сдано в набор 23/VII-1975 г.
Подписано к печати 8/I-1976 г. Изд. № 2/634 Формат $84 \times 108^1/_{32}$
Бумага типографская № 2 Тираж 27 000 экз.
Цена 18 коп. Усл. п. л. 5,88 Уч.-изд. л. 5,85
Изд-во ДОСААФ, 107066, Москва, Б-66, Новорязанская ул., 26

Типография Изд-ва ДОСААФ. Зак. 732

Р. М.,
Техни-
23 мая
шение.
ия. М.,
равда»,
издат,
издат,
ие. М.,
ем уп-
нками,
т. М.,
о? М.,
32
26



Цена 18 коп.